Edgar Hygrieaf

LEERBOEK

DER

STATIKA EN MECHANIKA

VAN HET

MENSCHELIJK LICHAAM EN DER LICHAAMSOEFENINGEN

DOOR

J. H. O. REIJS

SEMI-ARTS

van de „Inrichting voor Gymnastiek, Heilgymnastiek en Massage", Den Haag

---

f 1.50

AMSTERDAM — 1910 — W. VERSLUYS

B E 1 3 8



LEERBOEK DER STATIKA EN MECHANIKA

VAN HET MENSCHELIJK LICHAAM
EN DER LICHAAMSOEFENINGEN

LEERBOEK

DER

STATIKA EN MECHANIKA

VAN HET

MENSCHELIJK LICHAAM EN DER LICHAAMSOEFENINGEN

DOOR

J. H. O. REIJS

SEMI-ARTS

van de „Inrichting voor Gymnastiek, Heilgymnastiek en Massage", Den Haag

---

AMSTERDAM — 1910 — W. VERSLUYS



BOEK-, COURANT- EN STEENDRUKKERIJ G. J. THIEME, NIJMEGEN

VOORWOORD.

Reeds langen tijd werd de behoefte gevoeld aan een leerboek waarin behandeld werd datgene, wat de candidaat voor het examen ter verkrijging der acte M. O. Gymnastiek, diende te weten van het evenwicht en de bewegingsleer van het menschelijk lichaam en de lichaamsoefeningen.

Dat de kennis hiervan bij het meerendeel der candidaten te wenschen overliet, is in bijna elk verslag der Examencommissie te lezen.

Als onderwijzer in de anatomie en physiologie aan opleidingscursussen voor bovengenoemd examen en voor heilgymnasten heb ik eveneens altijd dat gemis gevoeld waardoor ik er thans toe ben gekomen dit leerboek te schrijven.

Het bevat dus in de eerste plaats datgene wat die candidaten noodig hebben. Toch heb ik de grenzen van de behandelde stof niet te eng genomen en wel voornamelijk, omdat mij geen werk bekend is dat hetzelfde geeft. Ja, over vele punten die hier ter sprake moesten komen, heb ik niets in de literatuur kunnen vinden.

Daarom wilde ik dit werk ook beschouwd zien als

een eerste aanloop voor degenen die dieper op verschillende punten willen doordringen.

Vandaar de literatuuropgaven, vandaar het aangeven van verschillende meeningen over een punt wat minder in een leerboek thuis hoort. Ik hoop dat het ook in dit opzicht dienst zal kunnen doen en dus aan een grooteren kring dan alleen gymnasten en heilgymnasten.

Eene Mechanische Inleiding heb ik vooraf laten gaan, die, meer eene opsomming van definities zijnde, voornamelijk dienen moet als repetitorium.

En ook de tabel, aangevende de spieren bij eene bepaalde beweging, is als zoodanig bedoeld. Want ik heb bij den lezer verondersteld eene kennis van anatomie en physiologie, zooals die voor bovengenoemd examen vereischt wordt.

J. H. O. REIJS.

Den Haag, April 1910.

INHOUD.

Blz.

MECHANISCHE INLEIDING.

§ 1. In het vervolg zullen we dikwijls het woord „*punt*" gebruiken. Wij verstaan daaronder een stoffelijk punt, een lichaam, waarvan de afmetingen zoo klein zijn, dat we ze ten opzichte van andere afmetingen mogen verwaarloozen. Een kogel, uit een geweer geschoten, is, ten opzichte van den weg, dien hij aflegt als een punt te beschouwen. De aarde, een bol met een middellijn van ruim 12 duizend K.M., wordt in hare beweging om de zon en ten opzichte der andere planeten als een punt beschouwd.

§ 2. Wanneer van een punt de afstanden tot zijne omgeving niet veranderen, dan zeggen wij, dat dit punt in *rust* is.

Veranderen die afstanden wel, dan is het in *beweging*.

§ 3. Een grondbeginsel in de werktuigkunde is het volgende:

Een punt kan zonder oorzaak van buiten niet uit den toestand van rust in beweging geraken, of eenmaal in beweging zijnde, verandert die beweging zonder oorzaak van buiten niet, d. w. dus zeggen: de richting en de

grootte der beweging (snelheid) blijft zonder de werking van een uitwendige oorzaak steeds dezelfde.

Dit beginsel is, bij eenig nadenken, makkelijk te begrijpen.

Om van rust in beweging te komen moet er dus iets gebeuren, en hoe zou er nu iets kunnen gebeuren zonder oorzaak?

Deze eigenschap, die kort uitgedrukt luidt: „een lichaam volhardt in den toestand van rust of beweging waarin het verkeert", noemen we de traagheid of inertie. Het lichaam immers is traag om zijn toestand te veranderen.

§ 4. Om dus eene beweging tot stand te brengen, of om een bestaande beweging te wijzigen, moet er een oorzaak zijn. Die bewegingsoorzaak noemen we „*Kracht*". „Kracht is elke bewegingsoorzaak". Wanneer wij een voorwerp in de hand in rust houden, en wij laten het nu los, dan *valt* het, krijgt dus eene beweging.

Daar moet dus een kracht voor zijn, die die beweging veroorzaakt. Die kracht is „de aantrekkingskracht der aarde", ook wel „zwaartekracht" genoemd. Wanneer wij een stilliggenden bal een schop geven, komt de bal in beweging. De oorzaak van deze beweging is onze spierkracht.

§ 5. Om een kracht geheel te kennen moeten wij weten:

1°. de *grootte* van die kracht;

2°. de *richting*, waarin die kracht werkt;

3°, Het punt, waarop die kracht werkt, het „*aangrijpingspunt*".

Willen wij een kracht voorstellen, dan doen wij dat door een lijn, aan een kant voorzien van een pijltje, aan den anderen kant van een punt. Nu geeft de richting van die lijn aan, de richting waarin de kracht werkt. In het geval van figuur 1 is deze dus van A naar B. Het punt A is het aangrijpingspunt. De letter K is de naam, waarmede wij deze kracht doopen. En ten slotte stelt de grootte van het lijntje de grootte van de kracht voor. Dit is natuurlijk alleen betrekkelijk. Een zeker aantal Kilogrammen, stel 10, wat dan is de grootte van de zwaartekracht, werkende op een gewicht van 10 K.G., kan ik niet voorstellen door een lijn. Wel echter wanneer bijv. vooruit bepaald is, voor elke K.G. van de kracht zetten wij 1 c.M. Dan geeft dus figuur 1 aan een kracht K = 2½ K.G.

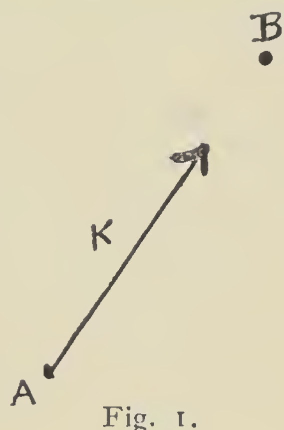


Fig. 1.

§ 6. Niet altijd zal de werking van een kracht, met name de beweging, te zien zijn, en wel dan niet, wanneer een andere kracht de eerste tegenwerkt, zoo wanneer bijv. het voorwerp uit § 4 ondersteund wordt door mijn hand. De beweging, die de zwaartekracht zoo gaarne aan het voorwerp zou willen geven, wordt nu omgezet in een *druk* op mijn hand. Neem ik nu een ander voorwerp in mijn hand, dan kan ik voelen bij welke van de twee ik het meeste moeite moet doen, om de beweging, die de zwaartekracht er aan wil geven, tegen te houden. Ik kan dus zoo voelen, welke van de twee het zwaarste is, op welk de zwaartekracht het meest werkt.

§ 7. Om de grootte van een kracht te meten gaat men na, òf welke snelheid hij aan het lichaam geeft, maar dat is natuurlijk zeer lastig te meten, òf welken druk hij uitoefent en dit laatste wordt het meest toegepast. De werktuigen, om dit te doen, heeten *dynamometers*. Zoo zijn ook de balansen, met een veer of met gewichten dynamometers. En na de uitwerking nu van een kracht op een krachtmeter, beoordeelt men de grootte van die kracht.

Om nu de verschillende krachten onderling te kunnen vergelijken heeft men aangenomen een eenheid van kracht, en daarvoor genomen het gewicht van een stuk platina te Parijs bewaard. Dat gewicht, die kracht noemen we een kilogram, het duizendste gedeelte hiervan is een gram.

Oorspronkelijk dacht men, dat dat stuk platina evenveel woog als 1 dM^3. (1 L.) water bij 4^0 C. Later vond men evenwel, dat er een fout begaan was, en om nu alle nagemaakte kilogrammen niet te hoeven veranderen, en omdat de fout klein was, heeft men dat stuk platina als eenheid behouden. In de praktijk begaat men geen groote fout door te zeggen: 1 L. water weegt 1 kilogram.

Soms zal men daarbij gebruik moeten maken, van de volgende eigenschap, welke wij, als zeer gemakkelijk te begrijpen, zonder bewijs zullen aannemen, nl.: Het aangrijpingspunt eener kracht mag men verplaatsen in de lijn, waarin die kracht werkt.

§ 8. Dikwijls, ja wel altijd, werken op een punt of lichaam meer dan één kracht. Wij moeten dus nu nagaan wat er gebeurt, wanneer twee of meer krachten op een punt werken. Vaak zullen wij dan, in plaats van die verschillende krachten, slechts *één* kracht kunnen

stellen, die dezelfde uitwerking heeft als die eerste krachten. Die éene kracht noemen we de *resultante*, de samenstellende krachten de *componenten*.

Eerst zullen wij beschouwen twee krachten, werkende in dezelfde lijn. Deze kunnen dan òf gelijk, òf tegengesteld gericht zijn.

§ 9. De resultante van twee krachten werkende in *dezelfde* lijn, en in *gelijke* richting is een kracht, in dezelfde richting en gelijk aan de som dier beide krachten. Dit, en het volgende zal zonder meer duidelijk zijn.

Twee krachten, werkende in *dezelfde* lijn, maar in *tegengestelde* richting, hebben tot resultante een kracht, welke gelijk is aan het *verschil* dier beide krachten, en die werkt in dezelfde richting als de grootste kracht.

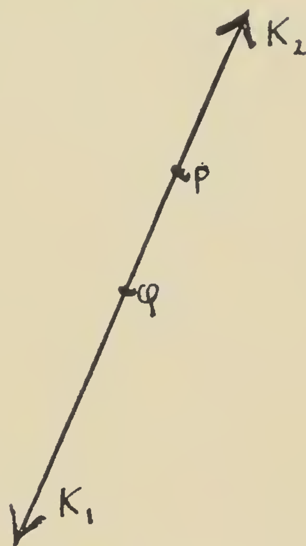


Fig. 2.

Trekken drie even sterke jongens aan een touw, en wel twee in de eene, en een in de tegengestelde richting, dan is het, alsof er slechts één jongen in de eerste richting trekt.

Zijn de beide tegengestelde krachten even groot, dan is hun verschil = o en dus is het, alsof er geen kracht op dat punt werkt, het blijft in rust.

Hiervan hebben wij feitelijk al gebruik gemaakt in § 6 en 7.

§ 10. De resultante van twee krachten, welke een *hoek* met elkaar vormen, is gelijk aan de *diagonaal* van het parallelogram op die krachten als zijden beschreven. Tot deze waarheid is men door de ervaring

gekomen, en men kan ze ook telkens gemakkelijk aantoonen.

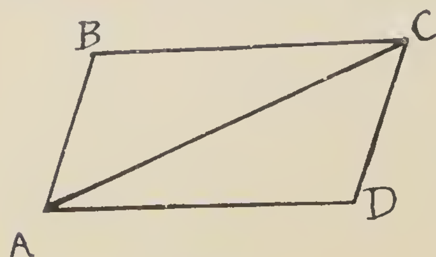


Fig. 3.

Een parallelogram is een vierhoek, waarvan de zijden twee aan twee evenwijdig loopen dus in fig. 3 A B // (= evenwijdig aan) C D en B C // A D. De diagonaal is de lijn die twee overstaande hoekpunten verbindt.

Gesteld op punt A (fig. 4) werken de krachten K_1 en K_2. Beide zullen ze een beweging aan het punt willen geven elk in zijn eigen richting. De beweging, die het punt nu krijgt is, alsof er een kracht op werkt, die voorgesteld wordt door R. Om deze te krijgen handelen wij aldus:

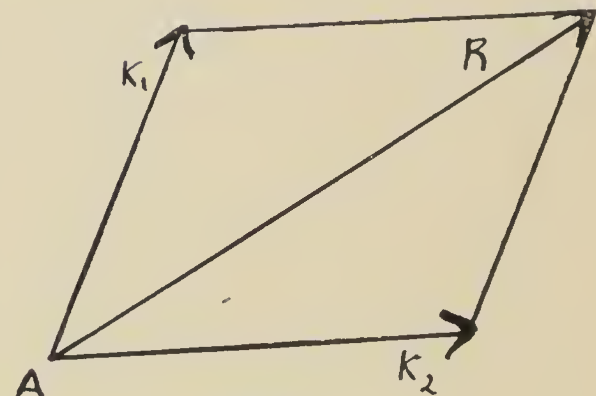


Fig. 4.

We trekken uit het eindpunt van K_1 een lijn // K_2 en evenzoo uit eindpunt K_2 een lijn // K_1. Zoo hebben we dus een parallelogram gekregen, met de beide krachten als zijden. De diagonaal A R is dan de gezochte resultante.

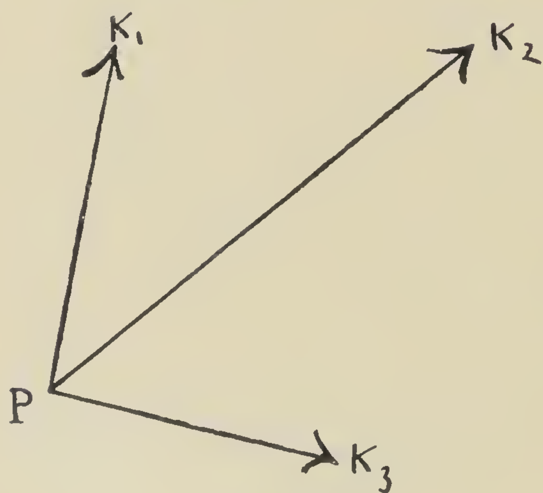


Fig. 5.

§ 11. Werken nu op een punt meer dan 2 bijv. 3 krachten (fig. 5) dan stellen we eerst twee krachten

samen volgens § 9 of 10 en krijgen zoo een resultante, welke wij nu met de derde kracht samenstellen tot *de* resultante van deze drie krachten.

§ 12. Tot nu toe, hebben we steeds gesproken over krachten, werkende op een punt, dat lag in de lijn van die krachten. Het kan echter ook voorkomen, dat een kracht werkt op een punt *buiten* zijn lijn gelegen. Waar in het eerste geval het effect was een beweging, in de richting van die kracht, is hier het resultaat iets anders. Gesteld in fig. 6 K werkt op punt A. Wij denken ons dan in A twee krachten elk // K en tegengesteld gericht. Deze heffen elkaar dus volgens § 9 geheel op. Dan zal het resultaat zijn een kracht K_1 welke een voortgaande beweging geeft aan A en een stel krachten K en K_2. Zoo'n stel noemen we een *koppel*. Een koppel bestaat uit twee gelijke, evenwijdige, maar tegengesteld gerichte krachten en heeft een *draaiing* tengevolge. De afstand A B noemen we den arm van het koppel. Is de draaiing dezelfde als die van de wijzers van een uurwerk, dan noemen we het koppel positief, in tegengestelde negatief. Dezelfde benamingen gebruiken we voor het in de volgende paragraaf behandelde moment van een kracht. Daartoe denken we ons het koppel, waarvan die kracht deel uit kan maken.

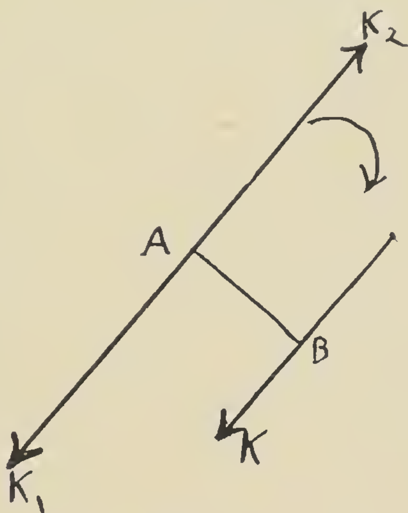


Fig. 6.

Een draaiing wordt altijd veroorzaakt door een koppel.

Een koppel heeft geen resultante.

Wij raken in deze paragraaf het zeer moeilijke vraagstuk van de excentrische stoot. Zonder daar op door te gaan willen wij even vermelden dat daardoor verkregen wordt: 1⁰ een voortgaande beweging, 2⁰ eene draaiing en wel zoodanig alsof door het zwaartepunt eene vaste as gelegd.

§ 13. Wanneer een kracht op een punt werkt, is het, voor de uitwerking van die kracht niet onverschillig, hoe ver de kracht van dat punt ligt. Daarom heeft men in de werktuigkunde een begrip ingevoerd, waarin voorkomt, zoowel de grootte van de bewuste kracht, als haar afstand tot het punt, waar zij op werkt. Dit is het *moment* van die kracht. Het moment van een kracht ten opzichte van een punt, is het product van die kracht, en zijn afstand tot dat punt.

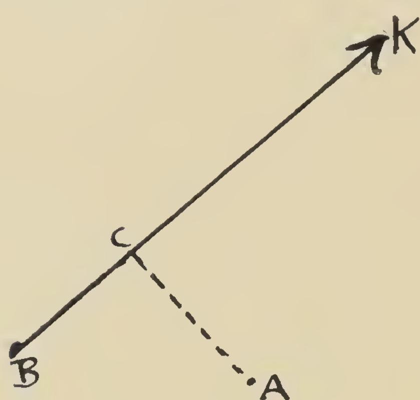


Fig. 7.

Onder afstand verstaan we de lengte van de loodlijn uit het punt op die kracht neergelaten.

Zoo is in fig. 7 het moment van K ten opzichte van A = K × C dus in 't kort: Moment = kracht × afstand.

§ 14. Nu we het moment kennen, kunnen we gaan zoeken de resultante van evenwijdige krachten.

De resultante van twee evenwijdige krachten is gelijk aan de som dier beide krachten, en grijpt aan op de verbindingslijn der beide aangrijpingspunten en wel

zoo, dat zijn afstanden tot die punten omgekeerd evenredig zijn met de krachten.

In fig. 8 is dus: $R = K_1 + K_2$ en moet $A\,C : C\,B = K_2 : K_1$ (I). Zijn dus K_1 en K_2 aan elkaar gelijk dan ligt C net op het midden van A B.

Is $K_1 : K_2 = 3 : 2$ dan moet dus: $A\,C : C\,B = 2 : 3$ zijn.

Passsen wij op vergelijking I de hoofdeigenschap toe, dat het product der middelste termen gelijk is aan het product der uiterste dan krijgen we:

$$A\,C \times K_1 = C\,B \times K_2.$$

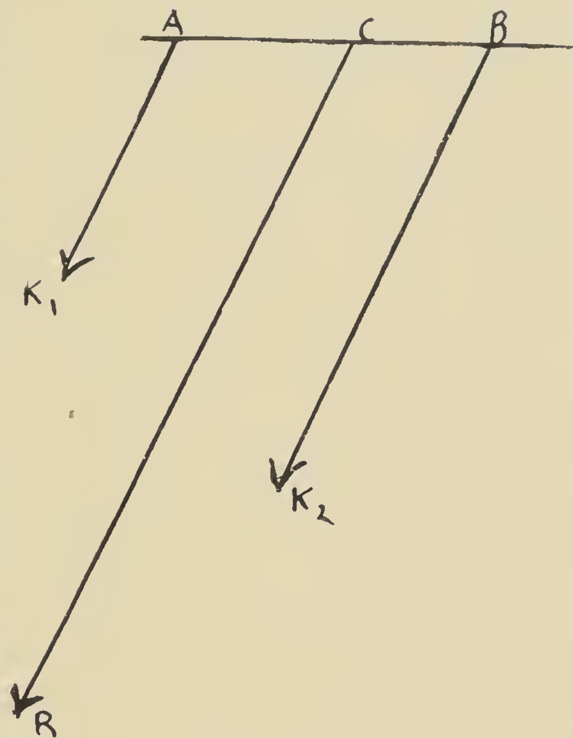


Fig. 8.

Nu is echter $A\,C \times K_1$, het product van afstand en kracht, dus het moment van K_1 ten opzichte van C. Evenzoo is $C\,B \times K_2$ het moment van K_2 ten opzichte van C. Wij krijgen dus voor de plaats der resultante een punt zoo gelegen, dat de momenten der beide krachten ten opzichte van dat punt, gelijk zijn.

Op dezelfde manier als beschreven is in § 11 vinden we de resultante van meerdere evenwijdige krachten. Haar aangrijpingspunt noemen we het middelpunt van die krachten.

Feitelijk moeten wij bij de berekening der momenten gebruiken de loodlijnen uit C op de krachten neergelaten. Maar daar deze zich net zoo verhouden als A C en C B mogen wij ook deze nemen, zie § 27.

§ 15. Een kracht kan dus ontstaan zijn uit meerdere krachten. Omgekeerd kan ik dus, als ik een kracht heb, deze ontbinden in meerdere krachten, waarbij ik dan vrij ben wat betreft het kiezen van richting of grootte der componenten.

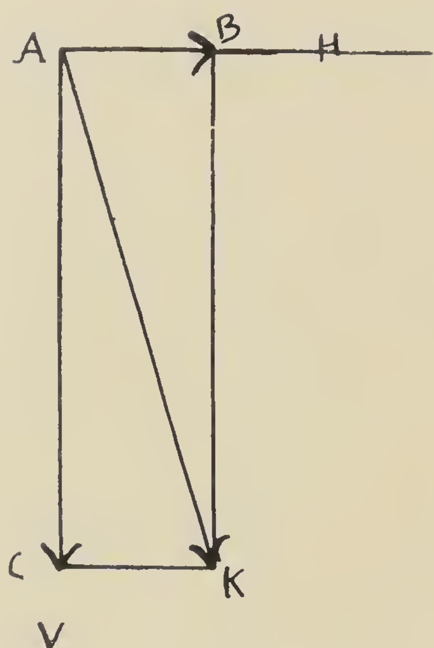


Fig. 9.

Gesteld ik heb een kracht K, (fig. 9) en wil nu deze kracht vervangen door een horizontale en een vertikale. Daartoe trek ik uit het aangrijpingspunt A een horizontale en vertikale lijn, die dus aangeven de gevraagde richting, en nu uit het punt K lijnen // aan deze richtingen. Ik krijg zoo een parallelogram, met die eene kracht als diagonaal. Dan zijn dus volgens § 10 A B en A C de gevraagde componenten.

§ 16. Hoe klein ook een lichaam is, het heeft altijd nog gewicht, de zwaartekracht werkt er dus op. Op een lichaam, dat natuurlijk is samengesteld uit een groot aantal allerkleinste deeltjes, werkt dus eigenlijk een stelsel van een groot aantal evenwijdige krachten. Stellen wij al deze krachten samen, dan krijgen we als resultante het *gewicht* van het lichaam, terwijl we het aangrijpingspunt dier resultante, het middelpunt dus

van dat stelsel evenwijdige krachten noemen het *zwaartepunt* van dat lichaam.

§ 17. Om de werking van de zwaartekracht op te heffen, moeten we een kracht aanbrengen in dezelfde lijn, tegengesteld gericht en even groot, want dan is volgens § 9 de resultante van zwaartekracht en aangebrachte kracht = 0 en blijft het voorwerp dus in evenwicht. Van deze eigenschap nu maken we gebruik om het zwaartepunt van een lichaam te bepalen.

Daartoe brengen we het lichaam in rust, ondersteund door een enkel punt, bijv. door het op te hangen aan een draad. Dan moet dus de zwaartekracht, aangrijpende in het zwaartepunt, in de lijn van dien draad liggen, dus het zwaartepunt in de lijn, welke wij ons denken als het verlengde van dien draad. Hangen wij nu het lichaam op in een ander punt, dan moet het zwaartepunt ook in deze draadlijn liggen, dus in het snijpunt van beide lijnen, en dat is dus het zwaartepunt.

§ 18. Het zwaartepunt van een lichaam, dat bestaat uit twee symmetrische helften, ligt in het vlak, dat dat lichaam verdeeld in die helften. Zoo moet dus het zwaartepunt van het menschelijk lichaam liggen in het mediane vlak.

§ 19. Zoolang het lichaam hetzelfde blijft, even groot en van denzelfden vorm, zal ook het zwaartepunt hetzelfde blijven. Niet echter wanneer het lichaam verandert. Gesteld aan een kant van een kubus wordt nog een deel gehecht. Dit nieuwe lichaam, wat er aan toegevoegd is, heeft ook een zwaartepunt. Wij hebben dus

nu een stelsel van twee evenwijdige krachten waarvan volgens § 14 de resultante te vinden is, wier aangrijpingspunt nu voorstelt het zwaartepunt van het ontstane lichaam. Evenzoo wanneer een deel van het lichaam verplaatst wordt. Er komt dan een ander stelsel evenwijdige krachten. Het zwaartepunt van het geheele lichaam zal gaan in de richting, waarin het zwaartepunt van het verplaatste deel gegaan is.

§ 20. Wanneer een kracht op een lichaam in zijn geheel werkt, bijv. de voortdrijvingskracht van ontbrand kruit op een kogel, dan werkt deze kracht ook op elk deeltje van dat lichaam afzonderlijk. We hebben dus weer te doen met een stelsel evenwijdige krachten als in § 16 en het middelpunt hiervan zal hetzelfde zijn als in § 16 dus ook het zwaartepunt van dat lichaam. Hierin ligt nu het groote nut van het zwaartepunt. Wij behoeven nu niet meer te werken met een groot aantal krachten, met even zoovele aangrijpingspunten, maar met één kracht, de resultante, welke is de kracht in zijn geheel, en werkende op het zwaartepunt. Als wij dus spreken van een kracht, werkende op een lichaam, bedoelen we daar meestal mede, werkende op het zwaartepunt.

§ 21. Geheel anders is het resultaat, als de kracht niet werkt op het lichaam in zijn geheel, maar slechts op een punt van het lichaam. Er bestaan dan twee mogelijkheden:

1°. de kracht gaat door het zwaartepunt. In dit geval is het alsof de kracht aangrijpt in het zwaartepunt volgens § 7, omtrent het verplaatsen eener kracht in

zijn richting, bijv. een biljartbal, getroffen door een kracht precies op het midden. Deze gaat rechtlijnig zonder draaien vooruit.

2°. de kracht gaat niet door het zwaartepunt. Dan komt er bij die voortgaande bew. nog wat anders. De rest van het lichaam fungeert nu als een trage last, waarvan nu de traagheid met deze nieuwe kracht een koppel vormt § 12, dat eene draaiing doet ontstaan, bijv. een stok, die voor een deel op tafel ligt, en waarop nu op het niet ondersteunde deel een slag wordt gegeven. Hij zal ronddraaiend weggeslingerd worden. Dit is de excentrische stoot waarvan in § 12 sprake was.

§ 22. In § 2 hebben we gezien, wanneer een lichaam in rust of in evenwicht is. Wij kunnen er nu nog deze bepaling aan toevoegen: Een lichaam is in rust of in evenwicht, wanneer de resultante der krachten die er op in werken = 0 is.

Altijd werkt de zwaartekracht er op, dus moet er, als het een rust is, nog een kracht werken, tegengesteld gericht en even groot.

Naar de drie manieren nu waarop dit kan gebeuren, onderscheiden we drie soorten van evenwicht:

1°. Standvastig of stabiel evenwicht. Het zwaartepunt ligt *onder* het ondersteuningspunt, dus bijv. de slinger eener klok. Brengen we het lichaam uit zijn evenwichtsstand, dan zal het toch weer tot dien stand terugkeeren.

2°. Wankelbaar of labiel evenwicht. Het zwaartepunt ligt *boven* het ondersteuningspunt (of vlak). Brengen wij dit lichaam uit zijn evenwichtsstand, dan zal het niet tot dien stand terugkeeren.

3°. Onverschillig of indifferent evenwicht. Het zwaartepunt en het ondersteuningspunt vallen samen, bijv. een wiel opgehangen aan zijn as. Het lichaam is nu in elken stand in evenwicht. Hoe wij ook het lichaam bewegen, altijd blijven zwaarte- en ondersteuningspunt samenvallen, dus altijd blijft het indifferente evenwicht bestaan.

§ 23. Het labiele evenwicht moeten wij eerst eens nauwkeurig beschouwen. Het woord wankelbaar moet toch niet doen denken, dat de stand onzeker is. Integendeel; tafels, stoelen, menschen, dieren, verkeeren meest in wankelbaar evenwicht en staan toch voldoende vast.

Een lichaam kan ondersteund worden:

1°. door een punt;

2°. door twee punten;

3°. door drie of meer punten.

Om een lichaam in rust te doen zijn, moet er, volgens § 17 een kracht op werken, precies tegengesteld gericht aan de zwaartekracht. Deze nu werkt vertikaal omlaag, de andere moet dus vertikaal omhoog werken en wel volgens § 9 in dezelfde lijn, dus in de lijn welke vertikaal uit het zwaartepunt wordt neergelaten. Deze lijn noemen we de *zwaartelijn*.

Een vertikale lijn, is een lijn loopende volgens het schietlood. Een horizontale lijn staat hier loodrecht op, of is evenwijdig aan een klein wateroppervlak.

§ 24. Wanneer nu volgens § 23 het lichaam ondersteund is in een punt, de tegengestelde loodrecht omhoogwerkende kracht dus in dit punt aangrijpt, moet dit ondersteuningspunt liggen in de zwaartelijn (volgens

§ 23). Dus de zwaartelijn moet gaan door het ondersteuningspunt. Zoodra nu, door een zeer kleine kracht het zwaartepunt niet meer loodrecht blijft boven dit steunpunt, zal het niet meer voldoende ondersteund worden, het zal vallen. Zoo'n kleine kracht wordt dikwijls geleverd door luchtbeweging enz., zoodat een labiel evenwicht met een steunpunt in de praktijk niet voorkomt. Ten tweede kan het ondersteund worden door twee punten, dus door een *lijn*. Dan moet de zwaartelijn vallen in deze lijn. En ook weer is slechts een kleine kracht noodig om hem er buiten te doen vallen, een lijn heeft immers geen dikte, dus ook deze manier van evenwicht is slechts theoretisch mogelijk.

Ten derde kan het ondersteund worden door 3 punten, dus door een *vlak*. De zwaartelijn moet vallen binnen dit steunvlak. En nu kan het naar alle richtingen bewogen worden, terwijl toch de zwaartelijn binnen het vlak valt, en zoo lang blijft het lichaam in evenwicht. Hoe grooter in alle richtingen nu dit vlak is, des te zekerder zal de stand zijn, want des te verder kan het zwaartepunt uitwijken, zonder dat nog de zwaartelijn het vlak verlaat. Dit is nu de manier, waarop de vaste stand van de meeste voorwerpen en dieren verkregen is.

§ 25. Tot nu toe hebben wij gesproken over het evenwicht van krachten werkende in dezelfde lijn.

Hebben wij echter te maken met een kracht als in § 12 dus werkende op een punt buiten zijn lijn liggende, en kunnen wij nu niet aanbrengen een kracht in dezelfde lijn, dan kunnen wij ook evenwicht van het punt krijgen door een kracht, waarvan het moment is

even groot als van de eerste kracht, maar tegengesteld gericht. Twee krachten zijn dus in evenwicht wanneer hun momenten, ten opzichte van het punt, waar ze op werken gelijk zijn, en tegengesteld gericht.

Hierdoor zal de volgende redeneering duidelijk zijn: Wij hebben gezien, volgens § 13, dat de uitwerking eener kracht afhangt van zijn grootte en van zijn afstand tot het punt, waar hij op werkt $M = K \times A$.

Maken wij dus den afstand A grooter, dan zal om hetzelfde effect M te krijgen K kleiner hoeven te zijn. Hiervan maakt men gebruik om een kracht te overwinnen. Kan men nu niet een even groote kracht hier tegenover stellen, dan is het ook voldoende een kleinere kracht te nemen, wanneer men slechts den afstand grooter maakt, waardoor de momenten van beide krachten even groot worden, en er dus volgens de vorige paragraaf evenwicht ontstaat, òf bij een ietwat grootere kracht, beweging, tegenovergesteld aan de eerste kracht. Is het omgekeerd moeilijk den afstand zoo groot te maken, dan kan men ook een grootere kracht nemen. op kleineren afstand. Hiervoor heeft men eenvoudige werktuigen noodig, welke men *hefboomen* noemt.

§ 26. Een hefboom is een staaf, draaibaar om één punt, het steun- of draaipunt, en waarop twee krachten werken. De eene kracht is die, welke overwonnen moet worden, deze noemen we den last, en zijn aangrijpingspunt het lastpunt. De andere, welke gesteld wordt om den last te overwinnen, noemen we de macht, met het machtpunt. De afstand van steunpunt tot lastpunt is de lastarm, die van steunpunt tot machtpunt, de machtarm.

Ligt het *steunpunt* tusschen last- en machtpunt in, dan noemen we het een hefboom van de *1ste soort.* Deze is tweearmig. Ligt het *lastpunt* tusschen steun- en machtpunt, dan is het een hefboom van de *2de soort.* Ligt eindelijk het *machtpunt* tusschen de beide andere in, dan is het een hefboom van de *3de soort.* De beide laatste zijn eenarmige hefboomen.

Maken de beide armen een scherpen of stompen hoek met elkaar, dan heet de hefboom gebroken.

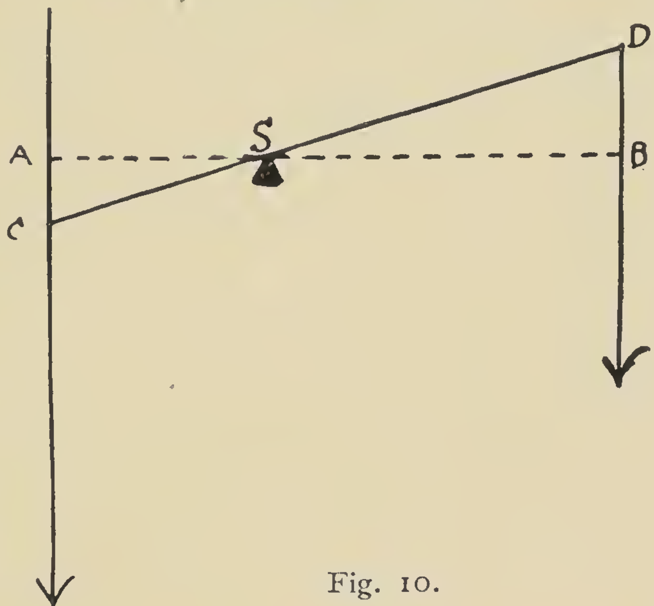


Fig. 10.

§ 27. Zal een hefboom in rust zijn, dan moeten de beide krachten, welke er op werken, met elkaar in evenwicht zijn. En dit is volgens § 25 het geval, als hun momenten ten opzichte van het steunpunt gelijk zijn (en tegengesteld gericht). Het moment = kracht × afstand. De afstand is hier de afstand van het aangrijpingspunt (dus last- of machtpunt), tot het steunpunt dus last- of machtarm.

Dit is alleen waar, wanneer de krachten loodrecht werken op de hefboomsarmen, want dan alleen is afstand = hefboomsarm. Toch mogen we altijd de formule last × lastarm = macht × machtarm houden, wat door het volgende bewijs duidelijk zal worden. In fig. 10 nm. moet: L : M = D S : C S I maar uit de gelijkvormigheid van △ S C A en △ S D B volgt: DS : CS = BS : AS II dus uit I: L : M = BS : AS III.

En hierop toegepast de hoofdeigenschap der evenredigheden L × AS = M × B S w.t.b.w. De loodlijnen neergelaten uit het steunpunt op de krachten heeten de mathematische hefboomsarmen.

In fig. 11 zal er dus evenwicht zijn als L × A S = M × B S en dat kunnen we ook als volgt lezen: Last × last-arm = macht × macht-arm. En dit is de groote wet der hefboomen.

Passen wij deze wet toe eerst op een hefboom der eerste soort als in fig. 12. Daar werkt een last van 3 eenheden of een afstand van 4.

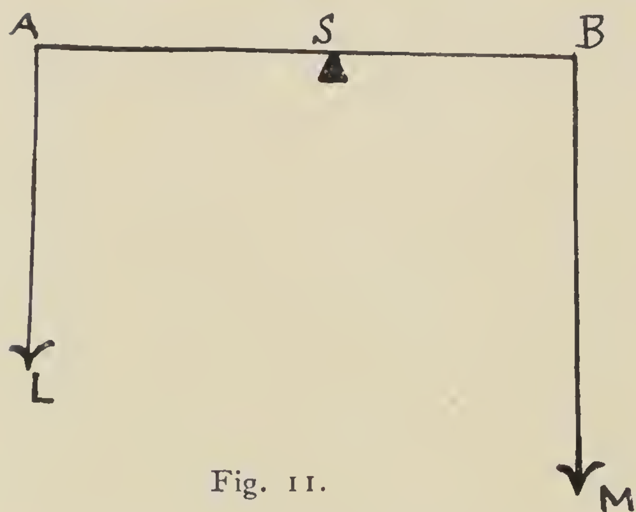


Fig. 11.

Als lengte-eenheid neemt men aan de Meter, welke is de lengte van een stuk platina te Parijs bewaard. Men heeft deze gemaakt als het 40 millioenste deel van den grootsten omtrek der aarde. Later bleek dat ook hierbij een fout begaan was.

Het moment van den last ten opzichte van het steunpunt is dus 3 × 4 = 12 (momentseenheden). Om deze nu in evenwicht te houden, moet het moment der macht eveneens 12 zijn. En dit kan men bereiken bijv. door een kracht van twaalf krachtseenheden op een afstand van 1 lengte-eenheid.

Moment der macht = 12 × 1 = 12.

Ook door een kracht van 6 op een afstand = 2 of door een kracht van 3 op een afstand = 4.

In dit geval zijn beide armen even groot dus een gelijkarmige hefboom. Dan is ook last = macht, zooals dat bij de gewone brugbalans het geval is.

Ook krijgen we evenwicht door een kracht 2 op een afstand 6 of een kracht, op een afstand 12. In deze beide laatste gevallen hebben wij dus een kleinere kracht noodig als de last is, om dezen in evenwicht te houden, wat dus een voordeel is, wanneer we niet zoo'n groote kracht kunnen aanwenden.

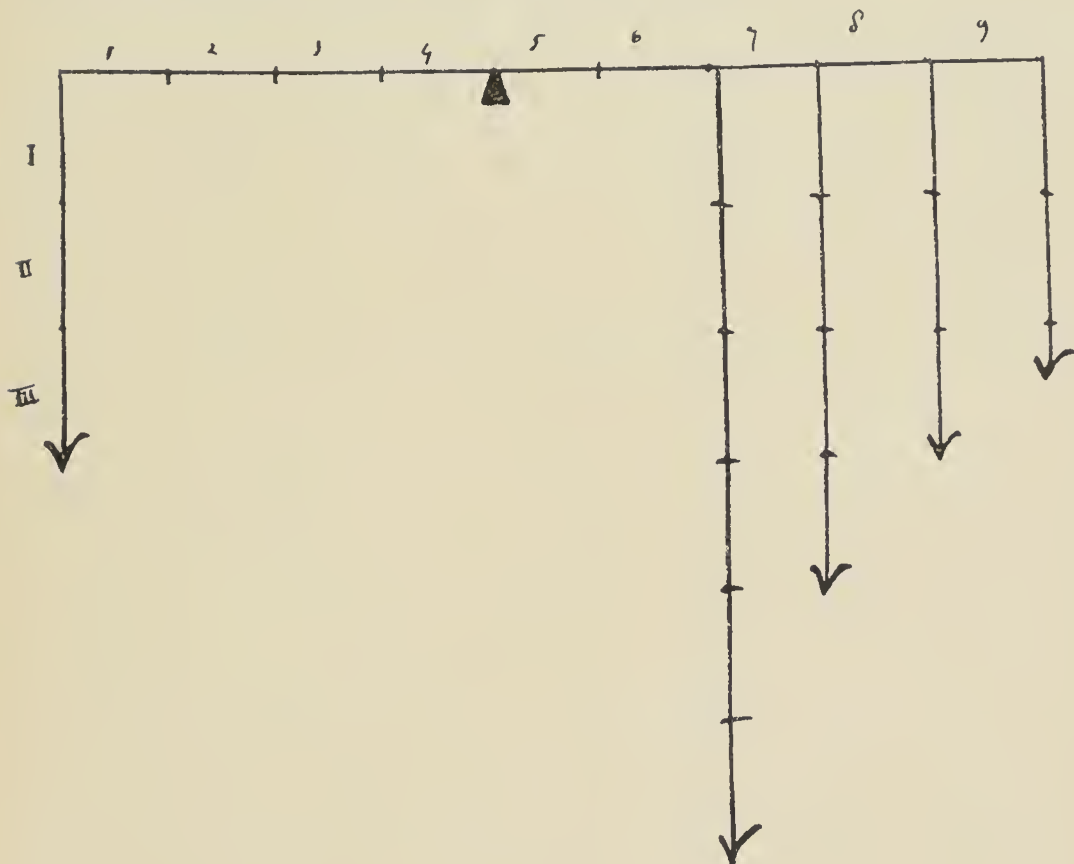


Fig. 12.

Wordt nu in al deze gevallen de kracht ook maar iets grooter dan komt er beweging: de last wordt overwonnen. Maar hoe grooter wij den machtarm maken, des te kleiner hoeft wel de macht te zijn, maar des te grooter zal ook zijn verplaatsing moeten zijn om eenzelfde verplaatsing v. d. last te bewerken, Wat wij dus winnen aan kracht verliezen wij aan beweging.

§ 28. Nemen wij nu een hefboom der tweede soort als fig. 13. Hier is het moment van den last L × A S. Daar nu het machtpunt moet liggen aan den anderen kant van het lastpunt als het steunpunt, zal de macht-arm altijd grooter zijn dan de lastarm.

Er is evenwicht als: L × A S = M × B S. Omdat B S > A S zal ook altijd M < L moeten zijn.

Bij een hefboom der tweede soort is dus de macht

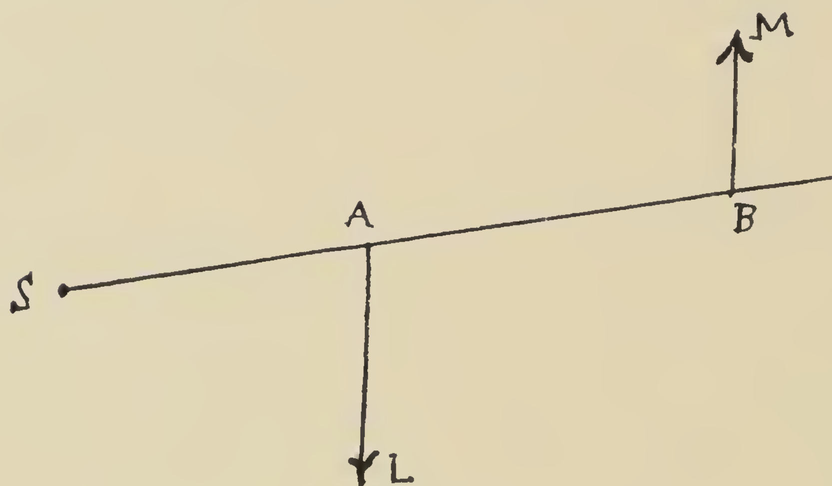


Fig. 13.

altijd kleiner dan de last. Hoeveel kleiner hangt af van de hefboomsarmen.

Ten slotte een hefboom der derde soort fig. 14. Hier is altijd de macht-arm kleiner dan de last-arm, want het machtpunt ligt tusschen last en steunpunt in (§ 26). dus zal, door dezelfde redeneering als in 't voorgaande de macht altijd grooter zijn dan de last, maar daarentegen zijn verplaatsing om eenzelfde verplaatsing van den last te krijgen kleiner.

Voorb. 1ste soort. Nijptang, schaar, balans, 2de soort kruiwagen, notenkraker, roeiriem, 3de soort treden bij draaibanken enz. vele in het menschelijk lichaam.

§ 29. Bij de gebroken hefboomen (§ 26) mogen wij, daar hierbij de redeneering van § 26 kleine letters niet opgaat, de gewone formule niet gebruiken, maar moeten wij steeds de mathematische armen, dus de momenten der krachten, ten opzichte van het steunpunt gebruiken.

Zoo is in fig. 15 de hefboom in evenwicht als $K_1 \times SC = K_2 \times SD$. Ook deze komen soms in het menschelijk lichaam voor.

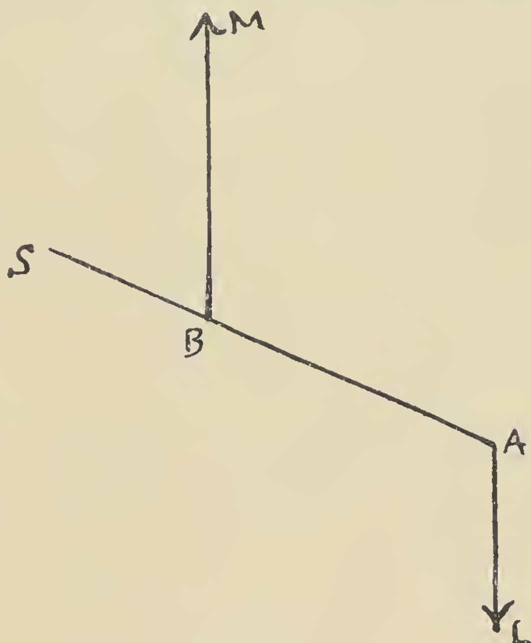


Fig. 14.

§ 30. Wanneer een kracht over een zekeren weg overwonnen wordt, en dus zijn aangrijpingspunt over dien weg verplaatst, zeggen wij dat er *arbeid* verricht wordt. De grootte van den verrichten arbeid wordt bepaald door de grootte van die kracht en van dien weg. Als eenheid van arbeid nemen we dien arbeid, welke verricht wordt, wanneer we één kilogram opheffen over een Meter, dus als de kracht van 1 K.G. (krachtseenheid) verplaatst wordt over 1 M. (wegeenheid). Dien arbeid noemen we een kilogrammeter.

Hebben we slechts met zeer kleinen arbeid te doen, dan spreken we van een gramcentimeter, wat zonder uitleg duidelijk zal zijn. Wordt er in een secunde 75 kilogrammeter verricht, dan spreken we van een „paardekracht".

§ 31. Een lichaam kan het vermogen hebben arbeid te verrichten, bijv. het gewicht dat aan een klok hangt, doet dat uurwerk loopen. Dat lichaam heeft dan *arbeidsvermogen* en kan dit op twee manieren hebben:

1°. door de *plaats* die het inneemt, zooals bij het bovenstaande voorbeeld. Dan heeft het dus arbeidsvermogen van plaats. A. v. P. potentieele energie, welke dus bepaald wordt door het gewicht van het lichaam, en de hoogte, waarover het dalen kan;

2°. door de *beweging* welke het heeft. Een hamer,

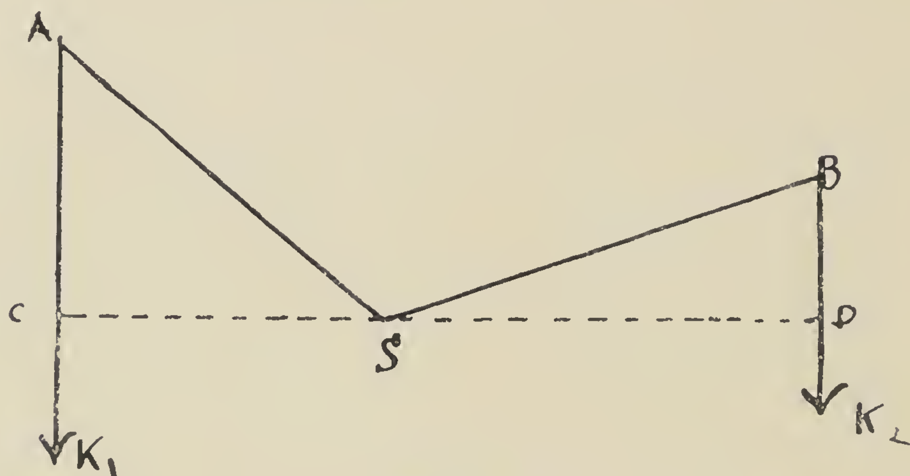


Fig. 15.

met snelheid neerkomende op een spijker, kan deze daardoor den weerstand van het hout doen overwinnen. De hamer had arbeidsvermogen van beweging, A. v. B. actueele energie. Deze wordt gegeven door de massa van het lichaam en zijn snelheid.

Het gewicht van een lichaam is op verschillende plaatsen der aarde niet even groot. De aantrekkingskracht der aarde nm. wisselt, omdat de aarde geen zuivere bol is. Zij is het grootst aan de polen, en neemt naar den equator steeds af. Het lichaam blijft hetzelfde. De massa nu van een lichaam, die overal evengroot is, is het gewicht van het lichaam gedeeld door de grootte der zwaartekracht (zie ook § 33).

Beide vormen arbeidsvermogen, kunnen steeds in elkaar overgaan altijd echter heerscht de volgende:

Wet van het behoud van arbeidsvermogen.

De hoeveelheid arbeidsvermogen van een stelsel lichamen, blijft altijd standvastig. Nooit gaat arbeidsvermogen verloren.

Warmte, geluid, electriciteit, enz. zijn ook vormen van arbeidsvermogen.

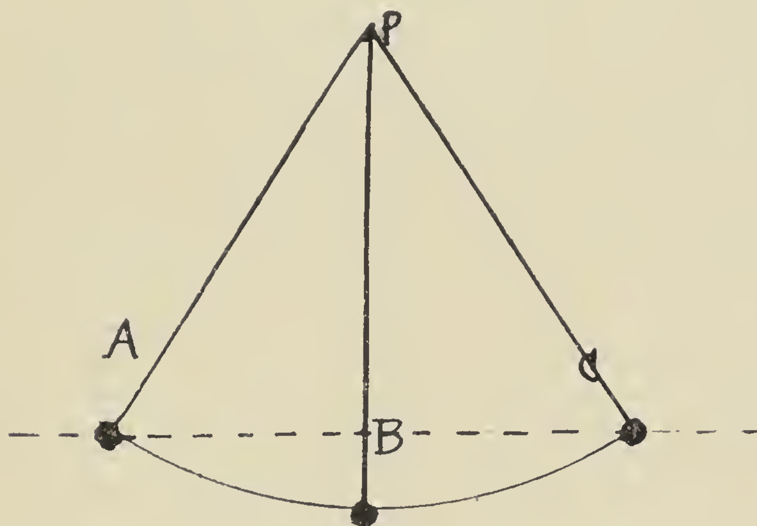


Fig. 16.

§ 32. Passen wij het voorgaande eens toe op den slinger.

Een slinger is een lichaam (beter een zwaar punt) opgehangen aan een koord. De lengte van het koord is de lengte van den slinger. De boog tusschen de beide uiterste standen van den slinger is de slingerboog. De tijd in welke de slinger dezen boog beschrijft, is de slingertijd.

Brengen wij dezen slinger (fig. 16) in stand A dan zal nu het zware voorwerp kunnen vallen dus A. v. P. hebben. Wij laten het los, het valt nu tot in zijn laagsten stand B. Nu kan het niet lager vallen, al het A. v. P.

is verloren, maar nu heeft het zoo'n snelheid, dus A. v. B. dat het door B heengaat en weer stijgt tot C, waar het geen snelheid meer heeft. Nu moet het A. v. P. in C volgens § 31 even groot zijn als in A, dus C moet even hoog liggen als A, en nu gebeurt hetzelfde weer enz. Dat de slinger ten slotte toch stilhangt, komt door den weerstand van de lucht, de wrijving in het koord enz.

Nu leert de ervaring, dat de slingertijd alleen afhankelijk is van de lengte van den slinger, dat dus even lange slingers, hoe zwaar ze ook, zijn altijd denzelfden slingertijd hebben, en verder, dat hoe korter de slinger is, des te korter ook de slingertijd is en omgekeerd. Een lange slinger heeft dus ook een grooten slingertijd.

§ 33. Wanneer een kracht op een lichaam werkt, dan krijgt dat lichaam eene *beweging* (§ 4). Die beweging kan zijn *rechtlijnig* of *kromlijnig*. De weg, welke het lichaam aflegt in 1 secunde, noemen we de *snelheid*. Wordt in elke secunde, of beter nog in elk onderdeel van een secunde een even groote weg afgelegd, dan is de beweging eenparig. Zijn die wegen niet even groot, dan is de beweging niet eenparig, bijv. de beweging van een vallend voorwerp.

Als voorbeeld de valbeweging.

De zwaartekracht werkt voortdurend op een lichaam. Gesteld een lichaam wordt plotseling niet meer ondersteund. Dan zal de zwaartekracht daaraan eene beweging geven. De weg, welke het vallende voorwerp aflegt in een secunde noemen we de snelheid = v. Maar na die eene secunde werkt de zwaartekracht nog, en ze zal aan het voorwerp in de 2[de] secunde weer

eene snelheid geven $= g$. Het had echter al een snelheid, zoodat deze nu met een bedrag $= g$ verhoogd zal worden en dit gebeurt elke secunde dat het lichaam valt. Zijne snelheid wordt voortdurend grooter en wel elke secunde een gelijk bedrag. Zoo'n beweging noemen we een eenparig versnelde beweging. De toename der snelheid per secunde heet de versnelling.

Praktisch zal de beweging niet voortdurend sneller worden, want ook voortdurend stijgt de weerstand van de lucht, totdat deze zoo groot is, dat de beweging eenparig wordt.

De versnelling van de zwaartekracht is op verschillende punten der aarde verschillend, het grootst aan de Polen, en gelijkmatig afnemend naar den equator, waar ze het kleinst is. Dit wordt veroorzaakt door de vorm der aarde, welke niet zuiver rond is, maar afgeplat aan de polen, zoodat daar een voorwerp dichter bij het middelpunt der aarde is, en dus de aantrekkingskracht grooter is.

Wordt nu een lichaam omhooggeworpen, dan heeft het dus eene zekere snelheid. Direkt echter begint de zwaartekracht er op te werken en verkleint de snelheid met een even groot bedrag, als het straks aan het vallende lichaam gaf in de eerste secunde. Net zoo lang totdat de snelheid $= 0$ geworden is. Dan werkt de zwaartekracht er alleen op, niet meer de snelheid die het lichaam eerst had, en het begint te dalen als in het voorgaande beschreven is. Dit is eene eenparig vertraagde beweging. Hierop zijn van toepassing de volgende regels, die wij zonder bewijs zullen geven:

1°. Het lichaam valt even langen tijd als het steeg.

2°. Het komt met dezelfde snelheid op de aarde als waarmede het daarvan vertrok.

§ 34. Wordt echter een lichaam in *één* punt vast gehouden (en dat kan ook gebeuren door de traagheid) dan kan het lichaam geen voortgaande beweging krijgen, maar het verkrijgt een draaiing. Daarvoor is noodig een koppel (§ 12).

Dit wordt gevormd: 1°. door de inwerkende kracht, 2°. door de kracht welke het lichaam in een punt vasthoudt. Dat punt zelf is dus in rust. Brengen wij door dit punt een lijn, loodrecht op het vlak waarin de bew. plaats heeft, dan noemen we deze lijn de *as* waarom de bew. plaats vindt. Deze is dus in rust. De beweging ligt altijd in een vlak dat loodrecht staat op die as.

§ 35. Deze as, de draaiingsas of bewegingsas moet niet verward worden met de as van een lichaam. Deze verkrijgen wij door de middelpunten (m. a. w. de zwaartepunten) van opeenvolgende doorsneden van dat lichaam te verbinden. Deze as vormt dus het midden van een lichaam.

§ 36. In § 2 hadden we het over de eigenschap dat een lichaam volhardt in den toestand van (rust of) beweging, waarin het verkeert. Deze kunnen wij nu iets verder uitbreiden. Zoo'n „toestand van beweging" is bijv. de rechtlijnige beweging. Een lichaam dat dus een rechtlijnige beweging heeft gekregen, bijv. door het eenmaal inwerken eener kracht, tracht die rechtlijnige beweging te behouden. Hebben wij nu een lichaam bevestigd aan een koord, in een horizontaal vlak zooals fig. 17 aangeeft en heeft dit lichaam een stoot gekregen in de richting P Q dan zal het in die richting

trachten voort te gaan, maar zal daarin verhinderd worden door het koord A P. Het lichaam tracht zich dus te verwijderen van A en wekt daardoor in het koord een zekere spanning op, die spanning noemen we de „middelpuntvliedende" of „centrifugale kracht" en deze is dus niets anders dan de traagheid van het lichaam P.



Fig. 17.

Ligt deze slinger niet in een horizontaal vlak zooals in fig. 18 maar loopt toch P in een horizontaal vlak, dan zal het zich van het middelpunt van die cirkelbaan trachten te verwijderen en kan dat doen door den stand R in te nemen; wat het dan ook zal doen als de stoot, waardoor het in beweging kwam, maar sterk genoeg is.

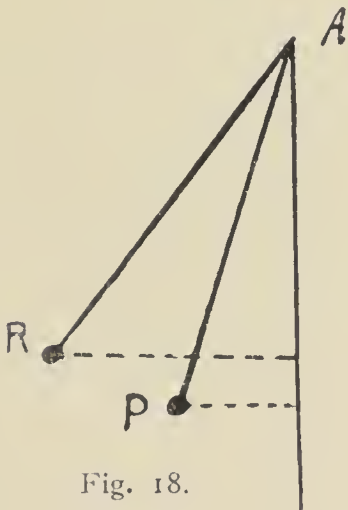


Fig. 18.

§ 37. Een bal, voortrollende over een tafel zal, ten slotte zijne beweging verliezen, een kogel door de lucht voortgeschoten eveneens. Er moet dus in beide gevallen een kracht zijn, welke de beweging tegenwerkte. Die kracht werd in het eene geval gegeven door de oneffenheden van de tafel, die hoe glad en gepolijst hij ook mag zijn, altijd nog bestaat, in

het tweede geval door den weerstand van de lucht.

Deze weerstanden noemen we *wrijving*. Deze wrijving hangt o. a. af van de elkaar aanrakende oppervlakken zooals makkelijk te begrijpen is en treedt alleen óp bij beweging en altijd daaraan tegengesteld, of als er eene beweging zal gaan beginnen dus als horizontale weerstand tegen eene verplaatsing.

§ 38. De bal en de kogel hadden beide een A. v B. die ten slotte verloren is. Toch kan dit volgens de Wet v/h Behoud van Arbeidsvermogen § 31 niet verdwenen zijn. Waar is het dan gebleven? Het is omgezet in *warmte* die door de wrijving werd opgewekt en die eveneens een vorm van arbeidsvermogen is, welke bij den kogel zoo groot kan zijn, dat deze er geheel gloeiend door wordt.

TABEL

aangevende de SPIEREN, *die bij eene bepaalde* BEWEGING *in primaire contractie zijn.*

Wij hebben geen tabel gemaakt, waarbij van elke spier de beweging wordt aangegeven, want die bewegingen zijn praktisch onuitvoerbaar: „L'action musculaire isolée n'est pas dans la nature", zegt Duchenne, en voor ons doel zijn deze van geen belang. Bovendien, de spieren zooals wij die noemen zijn wel anatomische, maar geen physiologische eenheden.

Verder hebben wij in deze tabel natuurlijk alleen genoemd de primaire werkingen, want secundair werkt bij elke beweging bijna het geheele spierstelsel. Als een arm wordt zijwaarts geheven, dan moeten spieren er voor zorgen, dat het evenwicht niet gestoord wordt. Maar van die secundaire bewegingen vermelden wij slechts enkele. Ook niet de verwijderde werking. Zoo zal de brachialis internus bij contractie ook eene beweging en wel achterwaartsheffing in het schoudergewricht geven, de glutaei in de knie, enz. Maar waar zou de grens zijn als wij ook deze gingen vermelden? Ook, op een enkele uitzondering na hebben wij slechts de enkelvoudige bewegingen vanuit den gewonen stand gegeven.

Ten slotte nog dit. Het vraagstuk van de spierwerking is zeer moeilijk en er zijn nog niet vele onderzoekingen over verricht, zoodat vele vaststaande feiten nog niet verkregen zijn. Wij hebben echter gemeend dat de lezer van dit boek meer heeft aan een korte tabel, bevattende die meeningen die vrijwel algemeen aangenomen zijn, al mogen die elk voor zich geen voldoende bewezen waarheid bevatten, dan aan de zeer enkele nauwkeurig bekende feiten.

Hoofd.

Voorover-buigen.	Rectus capitis anterior	In articulatio atlanto occipitale.
	Rectus capitis lateralis. Longus capitis.	Alle spieren beiderzijds.
	Omo-Sterno Thyreo-Hyoideus. Mylo-Genio-Hyoideus.	Stelsel tusschen schouderblad, borstbeen en strottenhoofd ter eener zijde en onderkaak ter anderer zijde, over het tongbeen heen loopende.
	Subcutaneus colli. Longus colli. Scaleni.	In halskolom 76°.
Achterover-buigen.	Trapezius. Sterno-cleido-mastoïdeus Splenius capitis. Semispinalis capitis. Longissimus capitis. Spinalis capitis.	In articulatio atlanto occipitale.

	Rectus capitis posterior major. Rectus capitis posterior minor, Obliquus capitis superior. Obliquus capitis inferior. Levator scapulae. Splenius cervicis. Ileocostalis cervicis. Longissimus cervicis. Spinalis cervicis. Semispinalis cervicis. Interspinalis cervicis.	In halskolom 76°.
Zijwaarts buigen 75°.	Deze beweging gebeurt door alle bovengenoemde spieren, welke nu slechts aan één kant werken. M. Intertransversarii.	
Hoofd-draaien.	Splenius capitis et cervicis. Obliquus capitis inferior.	Naar de zijde der spier. Wij willen deze niet scheiden in tweeën nl. 1°. in onderste hoofdgewricht en 2°. in halskolom, daar dit te onpraktisch zou worden.
	Semispinalis cervicis et capitis. Rotatores longi et breves. Sternocleidomastoideus scaleni.	Naar de andere zijde.

Romp.

Romp voorover buigen.	Rectus abdominis (Pyramidalis). Obliquus abdominis internus. Obliquus abdominis externus.	In wervelkolom.
	Serratus anterior en Rhomboideus.	Als verlenging van de Obliquus abdominis waardoor een streng gevormd wordt van bekken naar wervelkolom.
	Ileopsoas. Pectineus. Obturator externus. Adductor longus, brevis. Gracilis. Rectus femoris. Sartorius. Tensor fasciae latae. Adductor magnus. Glutaeus minimus.	In heupgewricht 90° dus bekken voorover kantelen.
Romp achterover buigen.	Sacro spinalis (opgebouwd uit ileocostalis, longissimus en spinalis). Semispinalis. Multifides. Rotatores. Levatores costarum. Interspinales. Quadratus lumborum.	In wervelkolom.

	Glutaeus maximus. Glutaeus medius. Glutaeus minimus. Adductor magnus. Obturator externus. Biceps. Semitendinosus. Semimembranosus. Quadratus femoris. Obturator internis cum gemellis. Pyriformis.	In heupgewricht 90°.
Romp zijwaarts buigen.	Rectus abdominis (Pyramidalis). Obliquus abdominis internus. Obliquus abdominis externus. Serratus anticus en Rhomboideus. Ileopsoas. Sacrospinales (opgebouwd uit ileocostalis, longissimus en spinalis. Semispinalis. Multifides. Rotatores. Levatores costarum. Interspinales. Quadratus lumborum.	Alle opgenoemde spieren slechts aan één kant. In wervelkolom.
	Glutaeus medius. Glutaeus minimus. Glutaeus maximus.	In heupgewricht 94°.

	Tensor fasciae latae. Sartorius. Pyriformus. Obturator internus. Rectus femoris.	
Romp draaien 115°.	Obliquus abdominis externus. Serratus anticus. Rhomboideus. Intercostales externus.	Naar den kant van de spier af.
	Obliquus abdominis internus. Intercostales internus. Serratus posterior inferior. Latissimus dorsi. Zie verder bekkendraaien.	Naar den kant der spier
Bekken draaien		Dit kan op twee manieren gebeuren nm. I een been vaststaand, het andere meedraaiende met het bekken II beide beenen vast staand dus rompdraaien.
	I *a*. Tensor fasciae latae. Glutaeus medius. Glutaeus minimus. Semitendinosus. Semimembranosus.	Naar het standbeen toe. Voorste deel.
	b. Pyriformis. Obturator internus c. gemelli. Obturator externus.	Van het standbeen af.

	Quadratus femoris.	
	Ileopsoas.	
	Pectineus.	
	Glutaeus maximus.	
	Glutaeus minimus.	Achterste deel.
	Glutaeus medius.	
	Adductor longus.	
	Adductor brevis.	
	Adductor magnus.	
	Biceps femoris.	
	II. Zie I *a*.	Deze spieren aan den kant waarnaar toe de beweging gericht is.
	Zie I *b*.	Deze spieren aan den anderen kant.
Thorax heffen.	Scaleni. Sterno cleido mastoïdeus. Pectoralis major. Pectoralis minor. Sub-clavius. Intercostalis externus. Levatores costarum. Serratus anterior. Rhomboideus. Serratus posterior superior	Indien de schouder vastgezet wordt b.v. door de trapezius of door steun. Met diaphragma de inademingsspieren.
Thorax dalen.	Alle buikspieren. Intercostales interni. Quadratus lumborum. Serratus posterior inferior.	Op transversus abdominis na.
Buikpers.	Diaphragma. Buikwandspieren. Spieren van den bekkenbodem.	

Schouder en Arm.

Schouders optrekken.	Trapezius (bovenste deel). Rhomboïdeus. Levator angulus scapulae. Omohyoideus.	
Schouders neertrekken.	Trapezius (onderste deel). Latissimus dorsi. Serratus anterior. Pectoralis major. Pectoralis minor. Subclavius.	Of romp optrekken bijv. in steun. Wij verkiezen deze bew. te geven boven schouder*blad* neertrekken, omdat gene veel praktischer is.
Schouders naar achteren brengen. Terugtrekken.	Rhomboideus. Latissimus dorsi.	Deze spier heeft nm. ook nog eene insertie aan het schouderblad. Maar toch ook door zijne aanhechting aan den arm, want deze gaat natuurlijk mede, moet alleen eerst vastgezet worden op het schouderblad door subscapularis, deltoideus enz.
	Trapezius.	Alle deelen maar vooral het middelste deel.
Schouders naar voor brengen.	Pectoralis major. Pectoralis minor. Serratus anterior.	Door deze spieren tevens naar beneden. Voor het zuiver horizontaal bewegen komen dus ook de schouderheffers te hulp.

Armen uit elkaar brengen 110°.	Infraspinatus. Latissimus dorsi. Teres major. Teres minor. Trapezius. Rhomboideus.	Dit is niet meer eene enkelvoudige beweging omdat er een bepaalde uitgangsstand voor noodig is. Door schouderblad.
Armen naar elkaar brengen 110°.	Pectoralis major. Pectoralis minor. Coraco brachialis. Biceps brachii (korte hoofd). Serratus anticus.	
Rotatie om de transversale as.		Deze beweging in het acromio claviculair gewricht, komt op zich zelf niet tot stand maar relatief ten opzichte van het sleutelbeen door diens rotatie bij heffing van zijn acromiaal einde.
Arm heffen, adductie, vergrooting van den hoek tusschen arm en lichaam.		De voor-, zij- of achterwaartsche richting hierbij door verdere spieren die den arm of het schouderblad naar voor of achter trekken. Zie aldaar.
	Deltoideus.	In opperarm schouderbladsgewricht.
	Supraspinatus.	

	Lange hoofd van de Biceps. Serratus anticus. Trapezius. Coraco brachialis. Korte hoofd van de Biceps.	Door draaiing van het schouderblad.
Arm dalen adductie, verkleining van den hoek tusschen arm en lichaam.	Pectoralis major. Pectoralis minor. Latissimus dorsi. Teres major. Subscapularis. Infraspinatus. Teres minor.	Zelfde opmerking als bij de vorige beweging.
Arm draaien, binnenwaartsche rotatie.	Latissimus dorsi. Teres major. Subscapularis. Pectoralis major.	Zijn de armen in eene andere houding gebracht, dan gelden deze opgaven niet meer.
Arm draaien, buitenwaartsche rotatie.	Infraspinatus. Teres minor. Triceps (lange hoofd).	
Onderarm buigen Flexie 140°.	Biceps brachii. Brachialis internus. Brachioradialis. Pronator teres.	

	Spierbundel van de epicondylus medialis humeri.	Wanneer althans de hand vastgezet is.
Onderarm strekken 140°.	Triceps brachii. Anconaeus (quartus). Spierbundel van de epicondylus humeri lateralis (except brachioradialis).	Wanneer de hand vastgezet is.
Hand vooroverkantelen Pronatie 187°	Pronator teres. Pronator quadratus. Flexor carpi radialis.	
Hand achteroverkantelen Supinatie 187°.	Biceps brachii. Supinator brevis. Extensor pollicis longus. Brachioradialis.	Deze laatste alleen van uit de pronatie stelling tot de middelstelling zgn. mitellastelling.
Hand buigen Palmairflexie 157°.	Flexor carpi radialis. Flexor carpi ulnaris. Palmaris longus. Flexor digitorum sublimis. Flexor digitorum profundus. Flexor pollicis longus.	Wanneer de vingers in een bepaalden stand gehouden worden.
Hand strekken, Dorsaalflexie 157°.	Extensor carpi radialis longus. Extensor carpi radialis brevis. Extensor digitorum communis.	Zelfde voorwaarde.

	Extensor pollicis. Extensor indicis. Extensor digiti quinti.	
Hand afvoeren, Radiaalflexie Abductie.	Flexor carpi radialis. Extensor carpi radialis longus. Extensor carpi radialis brevis. Extensor pollicis longus. Extensor pollicis brevis. Abductor pollicis longus. Extensoren digitorum.	Deze in elk geval zeer gering. Voor zoover zij liggen radiaalwaarts van deze adductieas.
Hand aanvoeren Ulnairflexie Adductie.	Flexor carpi ulnaris. Extensor carpi ulnaris. Flexoren digitorum. Extensoren digitorum.	Voor zoover zij liggen Ulnairwaarts van deze adductieas.
Vingers buigen 103°.	Flexor digitorum sublimis. Flexor digitorum profundis. Lumbricales. Interossei volares. Interossei dorsales. Flexor digiti quinti.	2de kootje. 3de kootje. Buigen 1ste, strekken 2de en 3de kootje.
Vingers strekken 103°.	Extensor digitorum longus. Extensor indicis. Extensor digiti quinti.	
Duimbewegingen.	Flexor pollicis longus. Flexor pollicis brevis.	Elke spiernaam spreekt voor zichzelf.

	Extensor pollicis longus. Extensor pollicis brevis. Abductor pollicis longus. Abductor pollicis brevis. Adductor pollicis.	
Vingers spreiden.	Interossei dorsales. Abductor pollicis. Abductor digiti quinti.	
Vingers sluiten.	Interossei volares. Adductor pollicis. Adductor digiti quinti.	
Opponeeren van duim en pink.	Opponens pollicis. Opponens digiti quinti. Palmaris brevis. Adductor pollicis.	

Heup en Been.

Been heffen 104°.	Ileopsoas. Pectineus. Obturator externus. Adductor longus. Adductor brevis. Gracilis. Rectus femoris. Sartorius.	Wordt het been gestrekt geheven dan werken deze spieren zonder meer. Is het been gebogen, dus dijheffen, dan moeten de kniebuigers en de zwaarte het gebogen houden.

	Tensor fasciae latae.	Door zijne insertie aan het Tuberculum van Gerdy behoort ook de tensor fasciae latae tot deze groep.
	Adductor magnus. Obturatur externus. Glutaeus minimus.	Voor zoover hunne inserties liggen vóór de heupas.
	Achteroverkantelaars van het bekken (zie aldaar).	Wanneer bij het begin der beweging het bekken zich al niet in geheele achteroverkanteling bevindt. Anders werken zij slechts isometrisch. Die spieren welke van het bekken naar het been loopen kunnen slechts werken wanneer een been als vast aangrijpingspunt gebruikt kan worden, dus bij *één* been heffen. De buikspieren hebben deze voorwaarde natuurlijk niet noodig.
Bekken voorover kantelen.	Zelfde spieren als bij de vorige beweging, maar nu aan beide zijden. Uitgeschakeld worden de achteroverkantelaars.	
Heup strekken 104.	Glutaeus maximus. Glutaeus medius.	Bijv. in borstligging met vrij hangende beenen.

	Glutaeus minimus. Adductor magnus. Obturator externus. Biceps. Semitendinosus. Semimembranosus. Quadratus femoris. Obturator internus cum gemelli. Pyriformis.	Voor zoover zij achter de heup liggen. Zelfde voorwaarde als zooeven bij de rectus femoris, nl. nu moet been gestrekt gehouden worden. Waarvan de buitenwaartsche rolling weer tegengegaan wordt door semitendinosus en semimembranosus, glutaeus medius en glutaeus minimus.
	Vooroverkantelaars van het bekken (zie aldaar).	Althans wanneer slechts een been geheven wordt en het andere als vast aangrijpingspunt voor deze spieren kan dienen.
Bekken achterover kantelen.	Zelfde spieren als bij de vorige beweging uitgezonderd natuurlijk al de vooroverkantelaars.	Bv. in borstligging. Romp achterwaarts heffen.
Been aanvoeren. Adductie 55°.	Adductor longus. Adductor brevis. Adductor magnus. Adductor minimus. Pectineus. Gracilis.	

	Glutaeus maximus. Quadratus femoris. Semitendinosus. Semimembranosus.	Voor zoover deze onder de heupas verloopt.
Been afvoeren, Abductie 55°.	Glutaeus medius. Glutaeus minimus. Glutaeus maximus. Tensor fasciae latae. Sartorius. Pyriformis. Obturator internus. Rectus femoris.	 Bovenste deel. Alle deze spieren aan beide zijden. Tenminste wanneer dit noodig is bijv. in den gewonen stand. Zie aanmerking bij been aanvoeren.
Been binnenwaarts draaien, Rotatie. Heupgewricht 100°.	Tensor fasciae latae. Glutaeus medius. Glutaeus minimus. Semitendinosus.. Semimembranosus.	 Voorste deel. Deze werking is zeer gering en kan alleen uitgeoefend worden doordat deze spieren nog lichtelijk om het onderbeen loopen.
Been buitenwaarts draaien(in heupgewricht) 100°.	Quadratus femoris. Ileopsoas. Pectineus. Pyriformis.	

	Obturator internus c. gemelli.	
	Obturator externus.	
	Glutaeus maximus.	
	Glutaeus minimus.	Achterste deel.
	Glutaeus medius.	
	Adductor longus.	
	Adductor brevis.	
	Adductor magnus.	Voor zoover hij ligt voor de verticale heupas.
	Biceps femoris.	Wanneer het onderbeen op het bovenbeen gefixeerd is.
Onderbeen strekken 91°.	Quadriceps femoris. Sartorius.	Opdat rectus femoris en sartorius zullen kunnen werken, moet het heupgewricht gestrekt gehouden worden. Sartorius kan alleen heel op het einde der beweging werken.
Onderbeen buigen 91°.	Semitendinosus. Semimembranosus.	Voor hunne ideale werking is fixatie van het heupgewricht noodig.
	Biceps femoris.	
	Gracilis.	
	Sartorius.	
	Gastrocnemius, Plantaris.	Voet moet in een stand gehouden worden.
	Popliteus.	

Onderbeen binnenwaarts draaien.	Semitendinosus. Semimembranosus. Sartorius. Gracilis.	Kan alleen gebeuren als het kniegewricht gebogen is. Deze beweging wordt door Weber („Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge" § 87) genoemd pronatie, het buitenwaarts draaien supinatie omdat in analogie met de hand, onderarm en onderbeen bij deze beweging draaien om hun lengteas. Tegenwoordig echter noemt men pro- en supinatie van den voet, die beweging waarbij de voet om zijn *eigen* lengteas draait, dus het oplichten der binnenrand, eene incongruentie die tot stand komt doordat de voetas loodrecht op die van het onderbeen staat, terwijl ze bij den onderarm in elkaars verlengde liggen. De pro- en supinatie werden door Weber ab- en adductie genoemd.
Onderbeen buitenwaarts draaien.	Biceps femoris.	

Voet strekken. Plantair flexie 43°.	Triceps surae. Plantaris.	Mits (voor gastrocnemius en plantaris) het kniegewricht gestrekt blijft.
	Tibialis posterior. Peronaeus longus. Peronaeus brevis.	Deze spieren kunnen samen met zeer veel moeite die beweging maken. Elk afzonderlijk is er niet toe in staat.
	Flexor digitorum. Flexor hallucis.	Waarvoor het weer noodig is dat de teenen gestrekt gehouden worden. Anders kunnen zij eerst den voet strekken als de teenen geheel gebogen zijn.
Voet buigen. Dorsaalflexie 43°.	Tibialis anterior. Extensor digitorum longus. Extensor hallucis longus.	Deze geven alle tevens een oplichten van den binnenrand wat te niet gedaan moet worden door peronaeus tertius of ook nog door de andere peronaei.
	Peronaeus tertius.	
Binnenrand oplichten. Supinatie.	Tibialis anticus. Tibialis posticus. Flexor digitorum longus. Flexor hallucis longus.	
Buitenrand oplichten. Pronatie.	Peroneus longus. Peroneus brevis. Peroneus tertius. Extensor hallucis.	

Teenen buigen. Plantairflenie.	Flexor digitorum longus. Flexor digitorum brevis. Interossei plantares. Interossei dorsalis.	3de kootje. 2de kootje. Buigen 1ste phalanx maar strekken de 2de en 3de. Al deze spieren gaan naar den 2^{den}—5^{den} teen.
Teenen strekken. Dorsaalflexie	Extensor digitorum longus Extensor digitorum brevis	Zie ook onder plantairflexie, de interossei.
Teenen spreiden.	Interossei dorsalis. Abductor hallucis. Abductor digiti quinti.	
Teenen sluiten.	Interossei plantaris Adductor hallucis.	
Groote teen buigen.	Flexor hallucis longus. Flexor hallucis brevis.	
Groote teen strekken.	Extensor hallucis longus.	
Abductie en adductie.		Zie teenen spreiden en sluiten.

HOOFDSTUK I.

Over het staan.

---

§ 1. Over het staan zijn reeds vele beschouwingen gegeven, die, helaas, sterk uiteenloopen. Het kan hier de bedoeling niet zijn vele daarvan met auteursnaam enz. weer te geven. Daarvoor is een leerboek niet de plaats.

Een van de hoofdoorzaken, waardoor zoovele verschillende meeningen op dit gebied bestaan, zal wel liggen in het feit dat de stand zoo individueel verschillend is. Even goed als men iemand herkent aan zijn gang of zijne houding, kan men hem ook herkennen aan zijn stand. Het is onmogelijk te zeggen: zoo is het, zoo staat de mensch. Hoogstens kan men zeggen: zoo staat deze mensch.

Toch treedt uit al deze standen één naar voren welke, altijd nog individueel, omdat de lichamen verschillend zijn, bij alle menschen vele eigenschappen gemeen heeft. Wij bedoelen die houding, welke op bevel aangenomen wordt. Het spreekt, dat dit geen slappe houding is, want dat past niet bij een bevel. Maar om die houding welke wij bedoelen de „militaire" te

4

noemen, ook dat wilden wij niet. Eerstens wel niet omdat de verschillende auteurs het reeds over de bepaling der militaire houding niet eens zijn. Zoo is Meyer's „militaire" houding, de „slappe" van Henke. En dus zouden wij moeten beginnen het aantal definities weer met een te vermeerderen.

In de tweede plaats wilden wij het woord „militaire" vermijden, omdat de bedoelde houding toch ook door niet-militairen en ook niet alleen bij het gymnastiekonderwijs wordt aangenomen.

En in de derde plaats zal, wat wij reeds opmerkten, ook die houding op bevel nog altijd individueel verschillen, zoodat wij ons zullen onthouden van het geven eener bepaling van standhoudingen.

§ 2. Wij willen alleen dit doen: Onder de zeer vele houdingen, welke wij aantreffen, is er ééne die meermalen te voorschijn treedt, alhoewel nog altijd heen en weer schommelende om een bepaald type. Dat is die houding welke op bevel aangenomen wordt en die er op berekend is *om subjectief en objectief kracht uit te drukken.* Voor dit type, waarvoor wij den naam „KRACHTHOUDING" zouden willen kiezen, willen wij nagaan hoe het bewegingsapparaat zich daarbij gedraagt of kan gedragen, telkens aangevende, misschien niet altijd met even zooveel woorden, de afwijkingen welke in de verschillende onderdeelen voorkomen, waardoor dan de verschillende andere houdingen ontstaan.

§ 3. Het lichaam, opgebouwd uit vaste deelen, die onderling zeer beweeglijk verbonden zijn, staat met zijne voetzolen op den grond en heeft zijn zwaartepunt

daar ver boven liggen, ja, telkens ligt het zwaartepunt van een deel van het lichaam gedragen door een gewricht, *boven* dit gewricht.

Nu heet de toestand, waarin een lichaam zich bevindt als zijn zwaartepunt boven het ondersteuningspunt (lijn, vlak) ligt: de toestand van labiel evenwicht (zie § 22 Mech. Inl.) Maar wel moeten wij bedenken, dat wij dat woord alleen mogen gebruiken, wanneer er geen andere krachten als zwaartekracht en opstuwende kracht van het ondersteuningspunt bijkomen. Een hellende vlaggestok, vastgehouden door een horizontaal bevestigingsijzer verkeert dus, alhoewel zijn zwaartepunt boven zijn ondersteuningspunt ligt, niet in labiel evenwicht omdat er nog de kracht van de bevestiging bijkomt.

Zeker verkeert dus het lichaam op den grond in labiel evenwicht; niet zoo zeker is het of wel alle deelen in de hun steunende gewrichten in labiel evenwicht verkeeren, want de mogelijkheid is niet buitengesloten, is zelfs werkelijkheid, dat enkele gewrichten door bijzondere krachten, als banden en spieren vastgezet zijn.

§ 4. Het lichaam als geheel verkeert dus in labiel evenwicht en wordt ondersteund door de voetzolen, die een figuur vormen, welke gewoonlijk de voetvierhoek genoemd wordt.

Als hoekpunten van dezen vierhoek worden dan aangenomen: de beide hielknobbels en de hoofdjes der beide vijfde middenvoetsbeentjes, zoodat er dan een gelijkbeenig trapezium ontstaat, waarvan de korte zijde gemiddeld 20 cM., de lange 40 en de hoogte 20 cM. is. Worden echter de teenen ook bij het ondersteuningsvlak gerekend dan bedraagt de hoogte 25 cM.

Geheel zuiver is die voetvierhoek niet. Want elke voet steunt met drie punten op den grond, te weten: de hielknobbel en de hoofdjes van het eerste en vijfde middenvoetsbeen. Worden deze driehoeken nu naast elkaar gelegd met eenige tusschenruimte, dan ontstaat een zeshoek. Denken wij ons echter de hoofdjes der eerste middenvoetsbeentjes te liggen in dezelfde lijn als de beide hoofdjes van de vijfde middenvoetsbeentjes dan ontstaat de vierhoek.

Zooeven hebben wij gezegd, dat de voet met drie punten op den grond rust. Volgens Meyer (Statik und Mechanik des menschlichen Fusses) is dit niet juist. Zooals wij later bij de beschouwing van den voet zien zullen, neemt hij voor elken voet slechts twee steunpunten aan. Maar, gesteld al dat dit juist ware, dan nog zou de voetvierhoek als ondersteuningsvlak niet vervallen. Want het lichaam staat niet stil, het maakt voortdurende schommelingen die door Vierordt opgeteekend zijn. De zwaartelijn zal dus voortdurend bewegen en dan zal het noodig zijn het ondersteuningsvlak zoo groot mogelijk te maken; en het is zoo groot mogelijk wanneer bovengenoemde punten als hoekpunten genomen worden. Om dezelfde reden is het gewenscht ook de teenen erbij te rekenen. Dit is het vlak, waarbinnen de zwaartelijn zich kan bewegen, zonder dat er verstoring van den stand optreedt.

§ 5. Wij zeiden reeds in de vorige paragraaf, dat het lichaam aan voortdurende schommelingen onderhevig is. Dit komt niet, doordat het lichaam op den grond in labiel evenwicht verkeert. Want „labiel” is maar niet zonder meer te vertalen door „wankelbaar”.

Ook een tafel verkeert in labiel evenwicht en die hoeft toch niet wankelbaar te zijn en het ondersteuningsvlak is groot genoeg om een zekeren stand te geven. De labiliteit van den stand ligt dus ergens anders, in een of meer, of alle gewrichten der ondersteunende extremiteiten. De laatste mogelijkheid, labiel evenwicht in alle gewrichten, kunnen wij direct uitsluiten voor een normalen stand, want zoo'n toestand krijgen wij ongeveer als wij met den rug vlak tegen een muur aan gaan staan, maar dit is een zeer gedwongen stand en geeft zonder ondersteuning van den muur veel moeite.

Er zal dus in een of meer gewrichten een wankelend evenwicht zijn dat de schommelingen veroorzaakt. Eene ondersteuning in een gewricht, dat wil dus zeggen, eene ondersteuning door een lijn, de gewrichtsas (beter de lijn die de aanrakingspunten verbindt), deze kan niet zijn een absoluut stilstaande toestand (zie § 23). Evenwicht daardoor, en nu spreken wij niet over het geval dat een gewricht door andere krachten is vastgezet, is alleen mogelijk wanneer er voortdurend schommelingen om den theoretischen evenwichtsstand gemaakt worden. In welk gewricht die schommelingen plaats vinden, zullen wij later zien (§ 20).

Ook de wielrijder op de lijn, of beter het smalle vlak, waarmede de banden den grond aanraken, is niet in stilstand. Voortdurend schommelt hij om den theoretischen evenwichtsstand, zooals te zien is aan den afdruk der banden in hard zand, want die lijn is niet recht, vertoont golvingen, doordat elke zijwaartshelling van den rijder gevolgd wordt door een uitwijken naar dien kant van het rijwiel.

§ 6. Men zou misschien kunnen zeggen: Het is niet noodig dat het lichaam heen en weer schommelt want wel zijn de gewrichten beweeglijk, zeer beweeglijk,

maar er om heen loopen spieren die elk gewricht kunnen vastzetten en vasthouden; en zoo, door voortdurende spierwerking tot een in zijn onderdeelen onbeweeglijk geheel gemaakt, staat het lichaam ook weer stil op zijn groot ondersteuningsvlak. Ook deze stand bestaat, maar kan slechts kort volgehouden worden, zooals ieder die medegewerkt heeft bij de vertooning van Plastische Standen, ook al was de houding op zichzelf eene gemakkelijke, bevestigen kan. Want daarvoor is noodig: in de eerste plaats een voortdurende contractie, tetanus, van de spieren en deze vermoeit veel meer als wisselende contracties; hoe lang is bijvoorbeeld niet het schommelen met een been vol te houden. Maar in de tweede plaats is er daarvoor noodig een voortdurende oplettendheid van het zenuwstelsel en dat is het voornamelijk wat de vermoeidheid bewerkt. Zien wij slechts iemand aan, die zijn best doet, onbeweeglijk te staan. Er is eene stijfheid, eene gedwongenheid, die we bij den natuurlijken stand missen. Zoodat het, na deze beschouwingen a priori al onwaarschijnlijk lijkt dat het lichaam door voortdurende spiercontractie tot een onbeweeglijk geheel wordt gemaakt. Maar bovendien, de experimenten door Vierordt genomen, bewijzen voldoende, dat dit niet de manier is, waarop een normale stand verkregen wordt. Er is eene schommeling, veroorzaakt door afwisselende spierwerking. Een voortdurende spiercontractie, daarop zijn onze spieren niet ingericht; wij kunnen die pas na oefening krijgen en dan nog slechts voor korten tijd. Bovendien, altijd zijn er in het lichaam nog bewegingen aan den gang, als ademhaling, bloedsomloop, enz. die toch ook eene wisseling van het

zwaartepunt zullen bewerken. En nu noemen wij nog niet eens invloeden van buitenaf.

§ 7. Wij willen het lichaam verdeelen in twee gedeelten: het dragende deel en het gedragen deel evenals ook Weber voor den gang doet in Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Als het gedragen deel nemen wij romp met hoofd en armen. Dit is dan in de heupgewrichten op het dragende deel gezet. De dijbeenderen hebben een met kraakbeen bekleeden kop, waarop de eveneens met kraakbeen bekleede kom rust. Dit kraakbeen is wel eenigszins indrukbaar, zoodat de beide gewrichtsvlakken niet met een enkel punt elkaar aanraken, maar met een klein vlakje. Dat dit het steunpunt is, is te zien aan de dikte van het kraakbeen, die daar grooter is, dan ergens anders in het gewricht, maar ook aan den bouw van de spongiosa in den femurkop en -hals, waar wij hier niet verder op kunnen ingaan.

Zie over den bouw der spongiosa: Zaayer: De architektuur der Beenderen. N. T. v. G. 1871. Ook afbeeldingen in atlassen en leerboeken. Over de dikte van het kraakbeen zie Fick Anatomie der Gelenke.

Door deze vlakjes in de beide heupgewrichten wordt dus een lijn gevormd, een transversale lijn, de ondersteuningslijn voor den romp die op een afstand gelijk aan den straal van den kop, hooger ligt dan de heupas. Omdat dit verschil slechts weinig is, zullen wij die lijn ook wel eens heupas noemen. Wordt deze lijn verlengd, dan komt hij terecht aan den bovenkant der trochanter major, die van buitenaf te voelen is. Door deze lijn is nu ook een frontaal vlak te brengen en het is in dit vlak dat bijna alle gewrichten van den mensch liggen,

Deze kan al zijne gewrichten in een vlak brengen, terwijl de viervoetige dieren het in meer vlakken kunnen brengen, wat ook voor de voortbeweging van belang is.



Fig. 19.

§ 8. Op deze lijn nu staat de romp. Nu zijn er twee mogelijkheden. Of de romp verkeert in wankelend evenwicht, maakt dus voortdurende schommelingen, óf het gewricht is op de een of andere manier vastgezet. Wij zullen zien dat de laatste mogelijkheid bij een gewonen, rustigen stand de juiste is, waarvoor wij uit zullen gaan van de beschouwing van eenen stand (zie fig. 19). De loodlijn langs den trochanter major mogen wij aannemen als de lijn, die door de heupas gaat, zooals wij boven zagen. Deze lijn is in de figuur getrokken. Maar dan zien wij duidelijk in de figuur, dat het grootste gedeelte van den Romp)met armen en hoofd) en met deze alleen hebben wij te maken, *achter* deze lijn ligt, wat dus zeggen wil, dat de

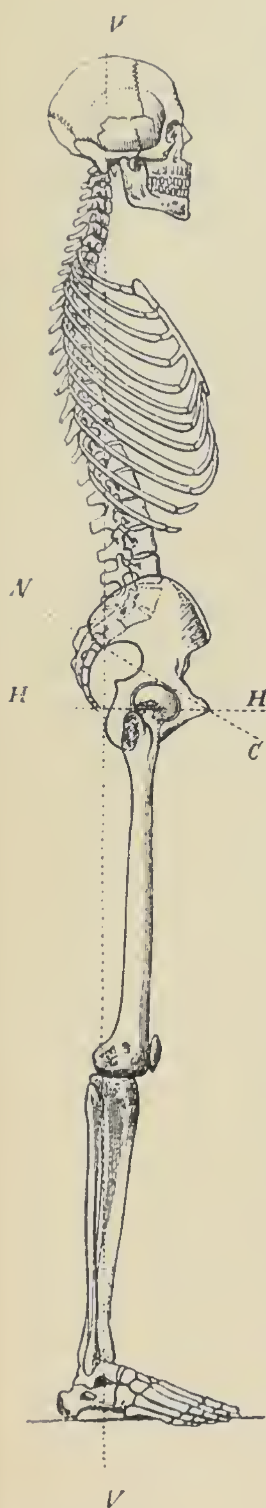


Fig. 20.

zwaartelijn achter de heupas valt. Ook het zwaartepunt van den romp, dat ligt even voor den 10den borstwervel, ligt achter die vertikale lijn, wat wij wel niet mathematisch uit deze figuur kunnen bewijzen, maar wat toch voldoende duidelijk te zien is. Duidelijker blijkt dit nog uit fig. 20.

De zwaartelijn van het gedragen deel valt dus achter diens ondersteuningslijn, dat wil zeggen de romp heeft in de heupgewrichten de neiging om achterover te vallen, het bekken wil achteroverkantelen, wil vlakker komen te staan.

Het is in rust, dus moet er ergens een kracht zijn, die dit achteroverkantelen tegen houdt.

§ 9. Die kracht zou gegeven kunnen worden door de musculus rectus femoris, die van de spina iliaca anterior inferior, (den voorondersten darmbeensdoorn) naar de tuberositas tibiae (den scheenbeensdoorn) loopt, doordat n.m. deze spier in spanning of contractie is. Maar steeds vinden wij bij den gewonen stand de patella naar alle richtingen heen beweeglijk, waaruit absoluut zeker volgt, dat deze spier niet in spanning of tetanus verkeert. Het is dus niet deze spier die het bekken voor achteroverkantelen behoedt.

De mogelijkheid is denkbaar, dat niet deze spier, maar een andere spier aan.

den voorkant van het bekken b.v. de ileopsoas er voor zorgde. Maar deze mogelijkheid bestaat niet voor wie ook maar eenigszins bekend is met de spierphysiologie. Want zoo iemand weet, dat voor elke werking alle spieren, die mee kunnen helpen, dat ook doen, zoodat, gegeven de niet werkende rectus, het voor ons evenzoo zeker is, dat ook geen andere spieren het achteroverkantelen van het bekken tegengaan, gelukkig, want daarvoor zou natuurlijk veel energie vereischt worden.

§ 10. Maar er is nog eene andere inrichting, die de gevraagde kracht kan geven en dat is wel het ligamentum ileo-femorale, de voorste heupdijbeensband, het ligament van Bertin of van Bigelow, dat zooals bekend mag worden verondersteld, van den voorondersten darmbeensdoorn, (spina iliaca anterior inferior) komt om in beneden-buitenwaartsche richting te verloopen en zich vast te hechten aan den femur bij den kleinen draaier. Deze band, een deel van de kapsel, is een zeer stevige en wordt natuurlijk gespannen, als het bekken achteroverkantelt (zie fig. 21). Reeds door dezen band is er een groot verschil tusschen voor- en achtervlakte van den heupgewrichtskapsel, die achter zeer dun en slechts los met den femur verbonden is. Maar nog meer versterkingen komen aan den voorkant.

De m. rectus femoris n.m. hecht zich niet eenvoudig aan den voorondersten darmbeensdoorn maar heeft, naast deze pees nog twee andere inserties en wel: 1e een pees die zich naar boven buiten begeeft om zich vast te hechten, voor een deel aan het os ileum boven de gewrichtskom, voor een ander deel in den kapsel, waardoor het bovenste deel daarvan versterkt

wordt. Dit is de „teruggeslagen pees" tendon réfléchi der Franschen; ten 2e een pees, die terugloopt en zich verdeelt in een oppervlakkige laag, welke zich vasthecht, met de kleine bilspier, aan den voorkant van den trochanter major en een dieper deel, dat zich meer in den kapsel verliest om zich vast te zetten aan het middelste deel van de linea intertrochanterica, tusschendraaierslijn. Door al deze inserties wordt gevormd een sterke streng, die loopt van den vooronderstendarmbeensdoorn (1ste insertie) en van boven de gewrichtskom (2de insertie) naar den grooten draaier en de linea intertrochanterica (3de insertie), als het ware een oppervlakkige laag van het ligamentum Bertini. En eindelijk is er nog een derde inrichting te vermelden, alhoewel van minder belang voor het heupgewricht, van meer belang voor het kniegewricht. Dat is de musculus tensor fasciae latae spanner van de dijscheede, welke naam weinig zegt, omdat deze spier nog veel meer doet. Want de oude opvatting, als zou hij zich niet aan been hechten, is onjuist. Hij komt van den voorbovensten darmbeensdoorn en loopt nu uit in een dikke streng, duidelijk zichtbaar aan de voorbuitenzijde van het dijbeen, welke zich ten slotte vasthecht aan het tuberculum van Gerdy een knobbeltje gelegen op de tibia tusschen het capitulum fibulae en de spina tibiae terwijl een iets minder

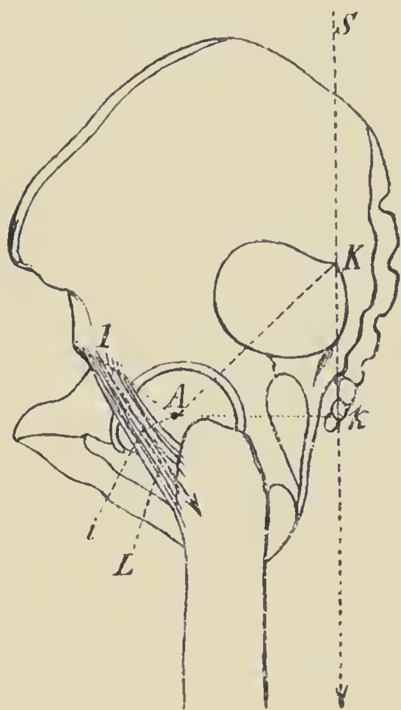


Fig. 21.

krachtige streng zich vasthecht aan de buitenzijde van de knieschijf. Deze streng is bekend als ligamentum ileo-tibiale.

Zie voor al deze verhoudingen: Dujarier: Anatomie des Membres.

§ 11. Eene dergelijke bijzonder stevige inrichting, zooals wij nu net beschreven hebben aan den voorkant van het heupgewricht, zoozeer in tegenstelling met de verhoudingen aan de achterzijde, zou niet bestaan, kon niet bestaan, wanneer er geen reden (dus hier: geen functie) voor was. Die reden is echter voldoende gegeven in het remmen van de bekkenachteroverkanteling bij den stand. Dit is de werking, die deze inrichting te verrichten heeft, zijne ontwikkeling bewijst voldoende dat die werking niet problematisch is. Want een zoo sterke remming bij bewegingen van het dijbeen is wel nooit noodig.

Deze banden zijn dus gespannen in den stand. Daardoor zal aan het dijbeen getrokken worden en wel alsof het opgeheven wordt en naar binnen gedraaid. Want de trek van dezen band, verloopende in schuine richting kan ontbonden worden in een horizontale transversale component en in eene die hier loodrecht opstaat maar naar voor boven helt, omdat ook de band iets naar boven voor verloopt. Deze laatste wordt weer ontbonden in een vertikale en een horizontale sagittale. De vertikale trekt het dijbeenshoofd in het gewricht, de sagittale veroorzaakt het dijheffen, althans de neiging daartoe, de transversale geeft, voor het gewricht liggende, de naar binnen rotatie. En deze laatste is van groot belang voor de fixatie in knie- en voetgewricht zooals wij straks zullen zien.

Nu is een band ten eenenmale niet in staat, hoe sterk hij ook is, om een voortdurenden trek te weerstaan, zonder ten slotte te verslappen. Maar daarvan is hier geen sprake. Want een dergelijke houding, waarbij die banden gespannen zijn, zal toch nooit lang achtereen volgehouden worden. En juist niets is heilzamer voor de ontwikkeling van een orgaan dan werking afgewisseld door rust, die ook dezen band ruimschoots ten deel zal vallen.

§ 12. Nog een gevolg van het gespannen zijn van dezen band willen wij hier behandelen. Het moet nm. hierdoor onmogelijk zijn het been achterwaarts te heffen. Toch blijkt dit mogelijk. In werkelijkheid echter gebeurt er geheel iets anders. Het is nm. voor het grootste deel eene beweging en wel een vooroverkanteling van het bekken in het heupgewricht van het andere been, het standbeen; wat te zien is aan de vergrooting van de lendenlordose, die gepaard gaat met de bekkenvooroverkanteling.

Is deze niet meer te vergrooten, dan gaat het geheele lichaam vooroverhellen.

Voor een ander deel gebeurt toch ook de beweging, het achterwaarts heffen, in het heupgewricht derzelfde zijde, en wel, doordat eerst de remmende band ontspannen wordt door een binnenwaartsch draaien van het dijbeen.

Het is voor het nagaan van deze voorwaarden niet voldoende het bekken aan de voorzijde tegen te houden, want dan toch zal, terwijl de darmbeensdoorn van het bewegende been den steun verlaat, eene beweging tot stand komen. Eerst als ook het bekken door een pelot

aan de achterzijde is vastgezet en het been buitenwaarts gedraaid is, zal een achterwaartsheffen onmogelijk blijken.

§ 13. Toch is er ook een stand denkbaar en mogelijk, waarbij het bekken niet hangt aan de ligamenta ileofemorale, maar waarbij het bekken voorovergekanteld wordt. Dan is dit een van de voornaamste kenmerken, zoo niet het voornaamste, van de door enkele schrijvers genoemde militaire houding. Het bekken wordt voorovergekanteld. Er moet zooveel mogelijk onbeweeglijkheid zijn, dus van een schommelen mag geen sprake zijn. Het bekken wordt in dezen stand gehouden door de werking der bovengenoemde spieren aan de voorzijde van het heupgewricht: ileopsoas, rectus femoris enz. of, wanneer de romp zoover naar voor gebracht is, mogelijkerwijze ook door belasting aan de voorzijde van het lichaam (patroontasschen) dat de zwaartelijn voor de heupas valt, door spieren aan de achterzijde van het bekken, dat wil zeggen: die, welke eene achteroverkanteling bewerken, als b.v. de glutaei. Het bekken is zoover voorovergekanteld, dat de spinae iliacae anteriores superiores het frontale vlak door den bovenrand van de symphysis ossis pubis, waar zij normaliter inliggen, overschrijden. Daardoor wordt de lendenkromming vergroot, de billen promineeren sterker, de buik is ingetrokken, de beenen staan vertikaal of hellen zelfs naar achter, terwijl zij normaliter naar voor hellen.

Deze houding, die slechts ten koste van veel spierwerking wordt vastgehouden en derhalve zeer kunstmatig is, omdat het lichaam steeds zoo min mogelijk

spierwerking tracht te gebruiken, is verre van schoon maar heeft veeleer iets gedwongens, dat aan een poppenkast herinnert. En ook mist zij het „uitdrukken van energie", omdat men direkt voelt dat men nu niet met individuen te maken heeft. Zij heeft dan ook alleen een voordeel daar, waar het er meer op aankomt de menschen in te prenten dat er een gezag bestaat, dan wel ze eene schoone lichaamshouding te geven.

§ 14. Om den stand van het bekken aan te geven, maken wij gebruik van den hoek, die een bepaalde lijn, in het bekken getrokken, maakt met den horizon. Voor die lijn nemen wij een lijn die loopt van den bovenrand der symphyse naar het promontorium, of naar de inknikking, die zich bevindt op het midden van het heiligbeen, op den derden heiligbeenswervel. De hoek, die de eerstgenoemde lijn maakt, noemen wij de conjugata en is ongeveer 60^0, in den gewonen stand, de tweede is de normaalconjugata van Meyer en is ongeveer 30^0. Worden deze hoeken grooter dan zeggen wij, dat het bekken steiler staat, dus zooals in de vorige paragraaf beschreven is, in het tegenovergestelde geval staat het bekken vlakker; dus b.v. bij het zitten. Hoe ver het bekken achterover kan kantelen hangt geheel af van de spanning in den band van Bertin, en deze wisselt met de houding der beenen. Worden deze geheven b.v. dan neemt de spanning af. En ook de mate van abductie is van belang. De minste spanning heerscht in dien band, als de beide beenassen een hoek van 20^0 (bij vrouwen 30^0) met elkaar maken.

De kracht, die de band van Bertin in den gewonen

stand moet weerstaan, is gemakkelijk te berekenen. Het bekken is hier namelijk te beschouwen als een gebroken hefboom, waarvan het heupgewricht het draaipunt is. De beide hefboomsarmen zijn de lijnen vanuit dit draaipunt getrokken naar het aangrijpingspunt van den lichaamslast op het bekken, dat is dus de eerste heiligbeenswervel, en naar het aangrijpingspunt van den band, in fig. 21 A K en A I. Uit dezen hefboom is dan de spanning van den band gemakkelijk te berekenen, eveneens de druk, richting en grootte, die op de dijbeenshoofden werkt.

Voor verdere berekeningen zie men: Meyer Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes, blz. 287 e.v.

§ 15. Komen wij thans tot de beschouwing der beenen. Wij hebben al gezegd, en ook in fig. 19 en 20 is het duidelijk te zien, dat de richting der beenen in den gewonen stand naar voren hellend is. Maar begrijpelijk is het, dat deze helling in nauw verband staat met de spanning die heerscht in den band van Bertin en dus met den stand van het bekken en verder met den stand van den romp. Vermindert die spanning, dan kunnen de beenen meer vertikaal komen te staan. Van voor beschouwd staat het been zoo dat in een vertikale lijn vallen moeten: 1^0. de arteria femoralis, in de liesplooi die daar vlak op den kop van den femur ligt; 2^0. het midden van de patella; 3^0. het aanhechtingspunt van de voorste scheenbeenspier, musculus tibialis anticus. Dit is de lijn van Mikulics. Deze opgave heeft slechts de waarde van een gemiddelde, niet die van een absoluut kenteeken van normale verhoudingen. Tevens is deze lijn de projectie van de as van het bovenbeen en diens rotatieas, zooals in § 48 nader besproken wordt.

§ 16. Om nu de verhoudingen in het kniegewricht na te gaan, moeten wij weten hoe daar de zwaartelijn van het bovenliggende deel valt ten opzichte van de knieas, dus de zwaartelijn van romp in uitgebreide beteekenis met bovenbeenen. De as van het kniegewricht is maar niet zonder meer aan te geven.

Het kniegewricht biedt ingewikkelde verhoudingen waarvan wij hier slechts enkele hoofdpunten kunnen aangeven.

De beide condyli (gewrichtsknobbels) van het dijbeen zijn niet even groot, de draaiingsmogelijkheid van beide is verschillend en wel is de laterale condylus de kleinste zoodat de beide condyli te zamen beschouwd een kegeloppervlak vormen waarvan de top lateraal ligt. Het is door dezen vorm, dat de rotatie van het onderbeen om zijn lengteas bij het buigen en strekken tot stand komt.

Ook van zoo'n kegel zou het nog makkelijk vallen de as aan te geven. Maar de kegeldoorsnede is niet rond. De kromming der condyli van voor naar achter neemt toe, de kromtestraal dus af, het krommingsmiddelpunt is dus niet een enkel punt zooals bij een cirkel, maar beschrijft hier een lijn, die naar achter toe dichter bij het gewrichtsoppervlak komt. En door dit wisselende punt loopt de gewrichtsas, zoodat het slechts mogelijk is deze as aan te geven voor een bepaalden, gegeven stand van het kniegewricht. Dan loopt zij nl. door het krommingsmiddelpunt van het gewrichtsoppervlak dat op dat oogenblik in aanraking is met de gewrichtsvlakte van de tibia.

De as nu, waarmede wij met het staan te maken hebben, waarbij dus de knie gestrekt is, ongedwongen, terwijl ze bij den „militairen stand" door spierwerking

krachtig naar achteren worden doorgedrukt, ligt zoo ver mogelijk naar voor en het verst van het gewrichtsoppervlak af, omdat daar de kromtestraal het grootst is.

§ 17. Hoe nu de zwaartelijn van het bovenliggende deel zich verhoudt ten opzichte van deze as, ook daarover loopen de meeningen uiteen. Zoo laat Meyer die zwaartelijn er achter vallen (Statik und Mechanik des menschlichen Fusses) maar, voegt hij er dadelijk aan toe, ze valt er slechts weinig achter, zoodat de hefboomsarm slechts kort is en dus de benoodigde spierkracht, om eene beweging tegen te gaan, slechts gering behoeft te zijn.

Verschillende afbeeldingen van hem laten ruimte voor de opvatting, dat de zwaartelijn achter, zoowel dat hij voor de knieas valt.

In fig. 4 van zijn bovengenoemd werk valt de zwaartelijn duidelijk achter de knieas. Maar vergelijken wij deze lijn met de bepaling die hij er van geeft in „Die wechselnde Lage des Schwerpunktes", waar hij aangeeft, dat de zwaartelijn 5 cM. achter de heupas en 3 cM. voor die van het enkelgewricht moet vallen, dan blijkt dat die lijn in de figuur te ver naar achter getrokken is. Trekken wij daarin de juistere lijn, dan gaat deze ongeveer door het midden van het kniegewricht. Fig. 8, Taf. II in Wechselnde Lage des Schwerpunktes, laat eveneens de zwaartelijn door dat midden gaan.

Mijns inziens valt de zwaartelijn van het bovenliggende deel zeer zeker vóór het kniegewricht.

In de eerste plaats is dat rationeel, want dan wordt eene fixatie van het kniegewricht bereikt, zonder dat

er spierwerking bij behoeft te komen, zooals wij straks nog uitvoeriger zullen zien.

In de tweede plaats spreekt Meyer van de zwaartelijn en bedoelt daarmede de zwaartelijn van het lichaam. Maar dat is niet de lijn, die hier in aanmerking komt, zooals we al zagen. Wij moeten hier hebben de zwaartelijn van het lichaam verminderd met de onderbeenen en voeten, en juist deze liggen voor het grootste deel *achter* de zwaartelijn; worden dus deze van het lichaam afgetrokken, dan ligt het zwaartepunt van het overblijvende deel meer naar *voor*. Dit wordt door Meyer niet in aanmerking genomen.

In de derde plaats: Een geringe stoot tegen de achterzijde der kniegewrichten doet deze plotseling doorknikken, een gewone truc bij schooljongens. Viel de zwaartelijn achter de knie, dan zouden de strekspieren aangespannen zijn en de geringe stoot zou niet die uitwerking hebben.

En in de vierde plaats, wat bij het heupgewricht al gezegd is, de knieschijf is verschuifbaar, wat bewijst, dat de strekspieren van de knie ontspannen zijn.

Zonder nu te veel waarde te hechten aan de absolute getallen, willen wij als vijfde bewijs onzer stelling eene berekening uitvoeren op grond van getallen gegeven door Braune en Fischer.

I. Gewicht Lichaamsdeelen in K.G.

Hoofd	4,14
Romp	25,06
Bovenarm	1,18
Onderarm	1,34
Hand	0,49

II. Afstand der zwaartepunten tot het frontale vlak door de middelpunten der heupgewrichten in cM. (+ voor, — achter).

Hoofd	— 1
Romp	— 0,6
Bovenarm	— 1,9
Onderarm	— 1,3
Hand.	0

Berekenen wij uit deze getallen de momenten ten opzichte van dat frontale vlak, dan vinden wij in Kilogramcentimeters :

Hoofd	— 4,14
Romp	— 15,036
Bovenarm	— 2,142
Onderarm	— 4,332
Hand.	0
Gedragen deel . .	— 25,650

Het gewicht van het gedragen deel uit tabel I geeft 32,21 K.G. dus de afstand van het zwaartepunt hiervan tot het frontale vlak :

— 25,650 : 32,21 = — 0,79

Uit tabel III. Afstand der gewrichten tot hetzelfde vlak :

Heupgewricht	0
Kniegewricht.	— 1
Enkelgewricht	— 5

blijkt dat het kniegewricht 1 cM. achter dat vlak ligt, dat wil zeggen 0,21 cM. *achter* de zwaartelijn zooals wij die berekenden.

In de zesde plaats blijkt het uit onze fig. 19. In fig. 20 is de stippellijn VV niet de zwaartelijn. Het

zwaartepunt is aangegeven door een sterretje. Trekken wij hierdoor een vertikale lijn, dan is deze eveneens een steun voor onze opvatting.

§ 18. Wij achten het dus voldoende bewezen dat de knie in den gewonen stand, en zeer zeker bij den „militairen stand", in strekking verkeert door het lichaamsgewicht.

Het zijn nu vrijwel alle banden die den last dragen, de beide zijdelingsche banden, en de kruisbanden. Het onderbeen is op het bovenbeen zoover mogelijk naar buiten gedraaid, waardoor ook weer de kruisbanden gespannen worden. De achterzijde van den kapsel is niet bijzonder sterk ontwikkeld, want de remmende banden liggen zijdelings, achter de gewrichtsas van den stand.

Valt bij den een of anderen stand de zwaartelijn achter de knieas, dan moeten de strekspieren het gewricht in dien stand houden, een waarlijk niet geringe opdracht. Bovendien zou deze spierwerking ook nog spierwerking om het bekken noodzakelijk maken. Want onder die strekspieren zijn ook de rectus femoris en de sartorius, die beide aan het bekken zich vasthechten en het bekken voorover doen kantelen, waardoor weer andere spieren te hulp moeten komen om het achterover te kantelen en dat dit achterover gekanteld is, zoodanig, dat het ligament van Bertin gespannen is, is eene bewering van Meyer zelf, zoodat hij hier eenigszins met zichzelf in tegenspraak komt.

Nog eenige inrichtingen zijn te vermelden die het buigen van de knie belemmeren. Het zijn: 1°. die peesstrook in § 10 beschreven als het ligamentum

ileotibiale, verloopende aan den voorkant van het kniegewricht. Ook deze kantelt het bekken voorover, maar houdt de knie gestrekt, als het bekken, zooals in den gewonen stand, achterover gekanteld is. En ten 2^0. staat het onderbeen vast en wil nu het bovenbeen buigen dan moet het naar buiten roteeren, terwijl juist het lig. ileo femorale het in den gewonen stand naar binnen tracht te draaien. Deze inrichtingen bemoeilijken wel de buiging maar beletten deze voorzeker niet.

§ 19. Als derde gewricht in de dragende extremiteit treedt op het enkelgewricht. Dit bevindt zich in den gewonen stand in de middelstelling, is dus in beide richtingen beweeglijk, zoodat er hier slechts spierwerking kan zijn om het staan mogelijk te maken. Wel zijn er eenige inrichtingen, waardoor die spieren iets geholpen worden.

De zwaartelijn valt voor het gewricht. Hier is het de zwaartelijn van bijna het geheele lichaam, die in aanmerking komt, slechts de voeten zijn uitgezonderd. En die valt 3 cM. voor het gewricht, zoodat het onderbeen neiging zal hebben naar voor om te vallen, de hoek tusschen voorvlakte onderbeen en bovenvlakte voet te verkleinen. Bij die beweging komt het achterste deel der talusrol tusschen de gewrichtsvlakten van tibia en fibula. En dit achterste deel is breeder, zal dus die beenuiteinden uit elkaar willen drukken. Zij zijn echter door een klein bandje verbonden en dit zet eenen, zij het geringen, weerstand.

Nog een ander moment begunstigt het vaststaan, een moment dat ook voor de knie in aanmerking komt, en daar even besproken is.

De buigingsvlakken der onderbeenen op de talusrol divergeeren naar voor, zoodat de onderbeenen in de knieën uit elkaar zullen wijken, wanneer zij naar voor hellen. En daarvoor is noodig het buigen der knieën, dat gepaard gaat met een buitenwaartsche rotatie van het bovenbeen; dit nu wordt juist door de spanning in de banden van Bertin naar binnen geroteerd.

Door deze inrichtingen nu wordt de dorsaalflexie van het onderbeen belemmerd, maar in elk geval slechts weinig, zoodat er niet gesproken mag worden van een vast geschroefd zijn der onderbeenen op den talus, zooals dat wel gedaan is. Wel degelijk zal er hier om het enkelgewricht eene spierwerking noodig zijn ter bewaring van den stand. En dat vinden wij ook anatomisch bevestigd. Want de massa der spieren aan den achterkant verhoudt zich tot de massa der spieren aan den voorkant als 5 : 1.

Herz in Lehrb. der Heilgymnastik geeft andere getallen waarvan ik echter de juistheid meen te moeten betwijfelen.

§ 20. Het is ook in dit gewricht, dat de schommelingen ter bewaring van het evenwicht plaats vinden. Het is het eenige gewricht waar zij in kunnen plaats vinden, als wij de wervelkolom nog voorloopig buiten beschouwing laten. En voor deze functie is het voortreffelijk ingericht. Want het ligt zoo ver van het zwaartepunt des lichaams af, dus zal reeds eene kleine draaiing in dit gewricht een groote verplaatsing van het zwaartepunt geven. Maar bovendien: de spieren hiervoor moeten geven eene groote verplaatsing bij een geringe kracht en inderdaad zijn ook alle spieren om het enkelgewricht heen, lange, dunne spieren. Als

vast punt bij deze schommelingen fungeert de voet, belast als hij is door het lichaamsgewicht.

§ 21. Als sterke vergrooting van het ondersteuningsvlak, waardoor dus de vastheid van stand aanmerkelijk vergroot wordt, treedt de voet op, een complex van beentjes, voetwortel- en middenvoetsbeentjes, door banden stevig onderling vereenigd. De teenen kunnen wij, na de opmerking in § 4, voorbijgaan. De belasting treft het midden van het kootbeen, talus of astragalus en wordt van hier overgedragen op de drie steunpunten, zie § 4. Maar niet elk krijgt evenveel te dragen. Want de projectie van het midden van den astragalus op den grond, deelt de lijn, die den hielknobbel verbindt met het midden der vereenigingslijn van de beide hoofdjes der middenvoetsbeentjes in twee stukken, die zich verhouden als 1 : 3 nl. 40 mM. : 120 mM., zoodat de hielknobbel meer te dragen heeft, wat ook te zien is aan den indruk van den voet in een indrukbare massa. Dat de zwaartelijn net valt op het midden van dien voetlijn, verandert aan deze dingen niets. Het is de talus die belast wordt.

Niet het geheele lichaamsgewicht drukt op den talus. Want het onderbeen helt voorover, met een gemiddelde hoek van 7^0, maar dat verschil is klein genoeg om het te mogen verwaarloozen.

De vrijhangende voet heeft een anderen vorm dan de belaste. In het enkelgewricht is er plantair flexie, in het Chopart'sche gewricht supinatie, dat wil zeggen de buitenrand staat lager, zoodat de kleine teen het laagst staat.

Wordt nu de voet neergezet en belast, dan komen

de drie steunpunten in een vlak, de beentjes worden uit elkaar gedrukt, zoodat de voet voornamelijk breeder wordt, totdat de banden een verder uitelkaar bewegen niet meer toelaten.

§ 22. Voortdurend echter blijft een deel van de voetzool van den bodem af, zooals te zien is door het staan in gips, zand, enz. ook door op glas te staan, waardoor wij de bleeke, gedrukte deelen duidelijk kunnen onderkennen van de nietgedrukte (zie § 23).

De voet is dus als een gewelf. Hoe nu dit gewelf is op te vatten, ook daarover weer verscheidene meeningen, waarvan wij enkele slechts kort willen beschrijven.

Door de volgende beenderen wordt een ring gevormd: hielbeen, teerlingbeen, wigvormige beentjes en scheepvormig been. De beide eindpunten van dezen ring zijn verbonden door den langen voetzoolband, ligamentum plantare longum. En tusschen die eindpunten komt nu het belaste kootbeen, drukt deze uit elkaar, totdat die band gespannen is en geen verdere rekking toelaat.

In werkelijkheid is het gewelf gebogen in twee richtingen, overlangs en dwars, zoodat er een nis gevormd wordt die nu belast wordt op haar hoogste punt. In zoo'n nis zijn drie koorden van belang, te weten (als het teerlingbeen het middelste voetpunt is der nis): de lijnen van het teerlingbeen getrokken naar de beide uiterste voetpunten: hielknobbel en hoofdje van het 1e middenvoetsbeen en naar het hoogste punt, de astragalus. Deze laatste koorde daalt met zijn hoogste punt, de beide anderen wijken uit elkaar, zoodat de hoek tusschen beide grooter wordt.

Als laterale boog is opgevat de rij: hielbeen, teer-

lingbeen, laterale middenvoetsbeentjes. Daarop is gesteld een mediale boog met zijn achterste voetpunt, terwijl zijn voorste punt op den grond rust. Die boog is opgebouwd uit: kootbeen, scheepvormig been, wigvormige en mediale middenvoetsbeentjes.

Een geheel andere opvatting geeft ten slotte Meyer in Statik und Mechanik des menschlichen Fusses. Wanneer hij een voet met onderbeen opstelde en belaste als in den stand, dan kon hij achtereenvolgens exarticuleeren de 1e en 5e teen met bijbehoorend middenvoetsbeentje en wigvormig beentje en vervolgens de 2e en 4e teen met dezelfde toevoegsels benevens het os naviculare, zonder dat door een en ander het draagvermogen veranderde of verminderde. Hij vond dus zoo als het steunende deel een beenboog bestaande uit hielbeen, teerlingbeen, 3e wigvormig en 3e middenvoetsbeen waarop nu het kootbeen rustte. Deze boog wordt in stand gehouden, zooals trouwens ook alle andere bogen, door banden aan de concave zijde. Dit deel van den voet is het statische. Voor den gang, den teenenstand, enz., komen dan de andere deelen van den voet in aanmerking.

Bevestiging vindt deze theorie door Muskat (Archif Physiologie 1900) die tot dezelfde conclusie komt door de beweeglijkheid der andere middenvoetsbeentjes, door het overwegend voorkomen van het voetgezwel aan het 2e en 3e middenvoetsbeentje, door den gipsafdruk (zie volgende §) en door het gevoel. Maar ook Beely sprak dezelfde meening uit (Langenbeck's Archiv XXVII 1882) o. a. door het defect in den schoenzool en door den gipsafdruk.

§ 23. Leerzaam is het, voor de verhoudingen bij den belasten voet, daarvan een gipsafdruk te nemen. Om de gips niet weg te drukken, doet men het poeder in een zakje, dat dichtgenaaid wordt en dat iets grooter is dan den voetvierhoek, met de teenen er bij, houdt dit onder water, breidt het vervolgens op een vlakken bodem uit en gaat er nu op staan, zoo rustig mogelijk.

Dadelijk valt het op, hoe diep de hiel in het gips zinkt, als bewijs, dat het gezegde in § 21 inderdaad juist is, het is het diepste punt. Haast geen indruk maken de teenen; zij steunen niet.

Een binnenrand is niet aan te geven, door den zeer geleidelijken overgang van indruk en omringende stof. De buitenrand wordt vrij sterk gedrukt.

En inderdaad vindt men, dikwijls, het 3e hoofdje van het middenvoetsbeen nog iets sterker ingedrukt dan de anderen. Vooral deze verhouding wordt wel eens wisselend gevonden wat begrijpelijk is, als men bedenkt, dat een geringe beweging van het bovenlijf reeds de indruksels zal veranderen.

Een aardig beeld van de belaste voetzool krijgt men ook reeds, wanneer men iemand op spiegelglas laat staan en dat bekijkt door middel van een spiegel onder een hoek van 45°. De plaatsen waar het bloed weggedrukt is, zijn duidelijk door hun bleekheid te herkennen.

Uit al deze gegevens blijkt wel voldoende duidelijk dat Meyer inderdaad gelijk had.

Voor de teekening van een staanden persoon in profiel diene dat loodrecht boven elkaar moeten liggen: tepelvormig uitsteeksel van het slaapbeen, punt van het stuitbeen en buitenenkel.

§ 24. Tot dusver hebben wij alleen gesproken over het dragend deel. Thans nog enkele woorden over het gedragen deel.

Over den stand van het bekken is al voldoende gezegd, o. a. in § 13 en 14. Aan dit bekken is thans

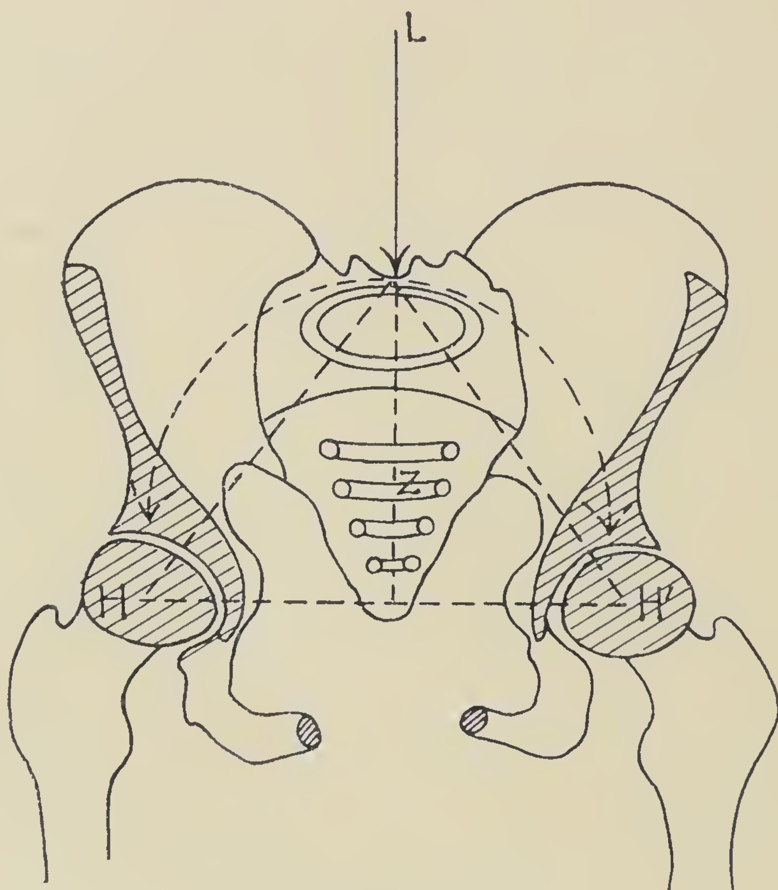


Fig. 22.

opgehangen het heiligbeen. Het bekken vormt een boog, een gewelf, waarvan de voetpunten liggen in de heupkommen en waarvan het heiligbeen het hoogste punt is. Van hoeveel belang het bekken bij het staan is moge nog uit het volgende blijken. In het bekken is te trekken een gelijkbeenigen driehoek, waarvan de basis is de heupas, en de top het heiligbeen. Het

lichaamszwaartepunt ligt nu in dezen gelijkbeenigen driehoek juist op $^2/_3$ van de hoogte van den top af, dat is dus ook juist het zwaartepunt van dien driehoek (zie fig. 22).

Snijden we het bekken door volgens een frontaal vlak, dan is het heiligbeen aan den boven-achterkant smaller dan aan den beneden-voorkant. Het zou dus makkelijk naar beneden kunnen vallen, maar wordt daarin verhinderd door de groote bandmassa, heupheiligbeensbanden, lig. sacro-iliaca, die tusschen de knobbels van heup- en heiligbeen uitgespannen zijn. Hier is dus een bandverbinding, die ten goede zal komen aan het veerkrachtig dragen. Wordt het heiligbeen sterk belast, wordt er dus sterk aan deze banden getrokken, dan zullen zij die uiteinden van de heupbeenderen naar elkaar toe trekken, waardoor het heiligbeen ingeklemd zal worden en waardoor er eene spanning zal ontstaan in de schaambeensvereeniging.

In de schaambeensvereeniging is eenige beweeglijkheid mogelijk, welke voor den dag treedt bij het gaan.

Om de beteekenis der verdere banden van het bekken na te gaan is het gewenscht eerst de wervelkolom nader te beschouwen.

§ 25. Van onder naar boven gaande komen wij dan eerst aan de lendenbocht. In anatomisch opzicht de bocht gevormd door de vijf lendenwervels, in mechanisch opzicht de geheele boog die naar voor convex is en dan omvat de wervels vanaf den 9e borstwervel tot en met den 3e heiligbeenswervel. Daar beide wervels gesneden worden door de zwaartelijn, loopt deze aan de concaviteit van de bocht en tracht dus steeds den boog grooter te maken, dus een kleineren

kromtestraal er aan te geven, totdat de spanningen zoo groot worden, dat daardoor het gewicht gedragen wordt. Die spanningen treden op in het ligamentum longitudinale anterior en in de achterste, samen gedrukte deelen van de tusschenwervelschijven.

Wordt een staaf, in casu de lendenkolom, gebogen, dan treedt aan den eenen kant der kromming, de convexe, een rekking op; aan den anderen kant, de concave, eene samendrukking. Nemen wij een doorsnede volgens het sagitale vlak en gaan wij nu daarin van den convexen kant naar den concaven, dan moet er ergens een lijn liggen, eveneens gebogen, die noch uitgerekt, noch samengedrukt is, de neutrale as. Alles, wat aan den convexen kant van die lijn ligt, wordt uitgerekt, aan den concaven kant saamgedrukt. Deze valt bij de lendenbocht in het wervellichaam. De voorste overlangsche band wordt dus gerekt, de achterste verslapt. dus komt voor remming niet in aanmerking.

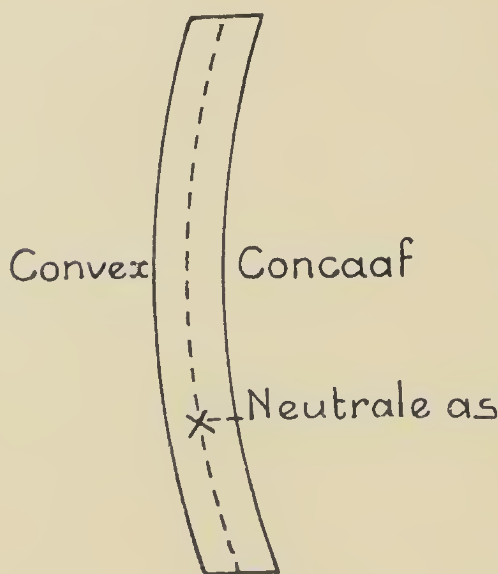


Fig. 23.

Niet alle deelen van de lendenbocht zijn echter gelijkwaardig. Eerstens is er een stuk, dat bij alle bewegingen vrijwel zijn vorm behoudt. Dat is het stuk gevormd door de onderste borstwervels en de bovenste lendenwervels, een vrij onbeweeglijk stuk. Dan een stuk, de onderste lendenwervels, dat zeer beweeglijk is. Daar gebeuren de bewegingen, daar vindt ook de

remming plaats. En eindelijk het onderste stuk, de drie bovenste heiligbeenwervels, die met elkaar vergroeid zijn en geklemd zijn (zie vorige §) tusschen de heupbeenderen. Dit is het steunende deel van den boog.

§ 26. Deze heiligbeenwervels worden dus van boven belast, liggen onder den top der kromming, zij zullen neiging hebben te draaien, zoodanig, dat het bovenste deel dieper komt, het onderste deel naar boven achter gaat. Deze draaiing wordt tegen gehouden door den zitbeensknobbel- heiligbeensband en den zitbeensdoorn heiligbeensband (ligg. sacro-tuberosum en sacrospinosum), die dus een trek in voorwaartsche richting aan het onderste deel van het heiligbeen uitoefenen, een trek, die ten slotte van het vlakke heiligbeen van den pasgeborene maakt het naar voor concave van den volwassene.

Deze beide deelen van het heiligbeen hebben dus geheel andere functies, zijn dan ook door een knik, aan den voorkant van het been te zien, duidelijk van elkaar gescheiden.

§ 27. De beschreven houding van de wervelkolom wordt dus zonder spierwerking bewaard. Wel is er spierwerking voor noodig om die houding tot stand te doen komen en wel van de strekkers van den rug. Maar eenmaal aangenomen is ze, voor elk individu vrij constant. Er zijn twee factoren welke haar wisselen.

De eene is de bandspanning welke vrij constant is, maar wisselt naar den bloedrijkdom en de vermoeienis. Als er reeds veel van deze banden gevergd is, zullen ze makkelijker rekbaar zijn en de kromming kan

grooter worden, een van de oorzaken, waarom een vermoeid persoon kleiner is dan een die uitgerust is.

En de tweede factor is de bekkenhelling, waardoor ook het heiligbeen van stand verandert. Komt het bekken steiler te staan dan wordt de lendenbocht meer gekromd, sterker lordolisch, staat het vlakker dan wordt de bocht afgevlakt: relatieve of absolute kyphose. En deze bekkenhelling staat weer, door de spanning in den band van Bertin, in verband met den stand der beenen, zoodat ook deze van invloed is op de wervelkolom, hoe, is gemakkelijk af te leiden. Hier kan ter sprake komen een principe, dat op het eerste gezicht onbegrijpelijk lijkt. Wanneer nl. een spier verlamd is, dan wordt dikwijls eene houding aangenomen, alsof die spier ten volle gecontraheerd is. Duidelijk is dit te zien bij een verlamming van de rugstrekkers. Dan ontstaat een zeer holle lendenbocht. Want het lichaam moet, ten koste van alles, er voor zorgen, dat de rugstrekkers niet behoeven te werken, de zwaartelijn mag dus nooit naar voor vallen en daarom wordt het lichaam door steun der handen enz. zoo ver mogelijk naar achter gebracht, waarna de zwaartekracht het wel zoo houdt.

§ 28. Nog een andere houding geeft von Meyer aan buiten de boven beschrevene, welke ongeveer overeenkomt met zijne militaire houding. Hij denkt zich de wervelkolom naar voor zakkende, rustende in zijn lendendeel op de buikingewanden, die gedragen worden door de spanning van den buikwand. Dit is dan de slappe houding. Maar hiermede kan ik mij niet vereenigen. Want dat steunen door de buikingewanden, die slappe, met

vloeistof en gas gevulde organen is voor mij al moeilijk te begrijpen. Verder: door het voorovergaan der wervelkolom, komt toch ook de borstkorf lager en daardoor wordt weder de spanning der buikspieren verminderd. En ten slotte hoe moeten wij ons die spanning voorstellen? De houding, die wij weleens zien en dan direkt den indruk van „slap, energieloos" op ons maakt, waarbij inderdaad de zwaartelijn meer naar voor valt, komt veeleer tot stand door een geringere bekkenhelling, ook tengevolge der gebogen knieën, waarop nu de kolom in een grooten boog naar achter convex staat, al of niet met nog een naar voor convexe lendenbocht. Deze bocht wordt nu gedragen door de spanning der banden aan de achterzijde, vooral de elastische banden. Dat er alsdan nog eene beweging naar voor mogelijk is, is geen argument hiertegen, want bij een rompbuiging voorover worden verschillende spieren ingespannen, die sterker zijn dan de elastische banden en bij die beweging werkt dan ook de zwaartekracht anders. De zwaartelijn valt dan telkens verder naar voor, haar moment ten opzichte der lendenkromming wordt steeds grooter.

§ 29. En eindelijk dan hierop de borst en halskromming, welke steeds weer de concaviteit hebben aan die zijde waar de zwaartelijn valt. Op dezelfde manier redeneerende zou de borstkromming te noemen zijn de bocht vanaf den 9e borstwervel tot en met den 6e halswervel, die weer gesneden wordt door de zwaartelijn. Hier zijn het (zie vorige §) de elastische banden, die het grooter worden der kromming, zooals de zwaartekracht dit wil bewerken, tegenhouden. In de

halsbocht echter is het weer het lig. longitudinale anterius, analoog aan de lendenbocht. Dat ook de lage intrathoracale druk, en als gevolg hiervan de trek van halsspieren en diaphragmaspieren van invloed is op de drie krommingen, willen wij hier slechts vermelden.

De stand van de wervelkolom is eene eigenaardige en verdient nog eenige aandacht. Het is namelijk niet een eindstand, zooals bij het heupgewricht, waarbij nog slechts beweging in een richting mogelijk is. Het is echter evenmin een middenstand zooals bij het enkelgewricht met bewegingsmogelijkheid naar twee richtingen. De stand hier is eene zoodanige dat zonder aanleidende oorzaak, hij een eindstand te noemen is, er is remming door banden, eene remming echter welke gemakkelijk verbroken kan worden door spierwerking, stooten van buiten, enz. Het is eene voorwaardelijke eindstand. Dergelijke aanleidingen zullen echter veel voorkomen, want het lichaam is niet op te vatten als eene doode massa, de spieren, al of niet noodig, contraheeren zich vaak, en telkens zal daardoor de eindstand opgeheven worden, of in de eene richting, zoodat nu spieren den nieuwen stand moeten bewaren, of in de andere richting, waardoor de remmende banden gerekt worden, iets wat vooral in het borstgedeelte zeer gemakkelijk gebeuren kan. En telkens zal dan het lichaam weer trachten terug te keeren tot zijn meest oeconomische houding, zoodat ook hier, rond de wervelkolom eene voortdurende, afwisselende spierwerking noodig zal zijn. De schommelingen door deze veroorzaakt zullen, voorzien van een plus of minteeken, opgeteld moeten worden bij die in het enkelgewricht. Waarschijnlijk is het, dat beide schommelingen in

tegengestelde richting gebeuren, zoodat het totaal der uitwijkingen klein wordt. Onderzoekingen hierover heb ik niet gevonden.

§ 30. Aan deze wervelkolom nu zijn nog eenige skeletdeelen bevestigd.

Eerstens dan het hoofd.

Er zijn proeven genomen om na te gaan of het hoofd in evenwicht kan zijn op den atlas, en inderdaad is eene zoodanige houding gevonden, waarbij dan het hoofd in opgerichten stand verkeert, de oogen recht vooruit of iets naar boven kijkend. Voor het begrijpen van den stand van het hoofd bij den gewonen stand hebben die proeven echter geene waarde. Want er hechten zich te veel spieren aan het hoofd, dan dat een proef met een afgesneden hoofd eenige aanwijzing zou geven.

Dikwijls wordt het hoofd voorovergedragen, wat gemakkelijk te begrijpen is. Hier toch is weer een middenstand, spieren zullen het voortdurend moeten equilibreeren. Maar de spiermassa's aan den voor- en achterkant zijn zeer verschillend van grootte. Die aan den achterkant, waarbij ook gerekend moet worden de musculus sternocleidomastoideus, zijn vele malen grooter. Om nu de zwakke spieren aan den voorkant niet te hoeven laten werken, laat men de zwaartelijn voor het gewricht vallen en nu moet al het werk gedaan worden door de krachtige achteroverbuigers, een principe, wat ook reeds in § 27 ter sprake kwam. Bij den op bevel aangenomen stand moet het hoofd zoo geplaatst zijn, dat de oogen recht vooruit, horizontaal, zien.

§ 31. Tot nu toe spraken wij alleen over de voorachterwaartsche bewegingen van het lichaam in zijn verschillende deelen. De mogelijkheid voor zijdelingsche uitwijkingen bestaat echter evenzeer en deze komen ook inderdaad voor. Toch is daaraan in de literatuur weinig aandacht geschonken. Zijdelingsche bewegingen kunnen gebeuren: in het onderste voetgewricht, het heupgewricht, de wervelkolom en het hoofdgewricht. Maar het lichaam is symmetrisch opgebouwd, zal dus evenveel neiging hebben om naar links, als om naar rechts om te vallen. Wil het al vallen, dan moet dus de neiging hiertoe ontstaan of door invloeden van buiten of door verkeerde spierwerking. Want banden of inrichtingen, die deze bewegingen zouden verhinderen zijn er niet, hier is het geheel op spierwerking aangewezen. En ook deze spieren zijn symmetrisch en zullen dus deze taak gemakkelijk kunnen vervullen.

Op twee dingen willen wij hier wijzen. Komt er n.m. eene beweging in symmetrische gewrichten, dus b.v. de heupgewrichten, dan zijn het de *ab*ductoren van het eene gewricht en de *ad*ductoren van het andere, die de uitwijking weer corrigeeren.

En ten tweede: Die gewrichten, (en bijzonder duidelijk is dat te zien aan den voet) worden omgeven door spieren, die, dikwijls antagonisten, thans door hunne samentrekking het gewricht tusschen zich vatten en vast zetten. Wij bedoelen b.v. de peroneï, kuitbeenspieren, en de tibialis anticus, voorste scheenbeenspier, die samen den voet als het ware saamgedrukt houden.

§ 32. Onder de skeletdeelen waarvan in § 30 sprake was, behoort ook de thorax. Deze verkeert in een

eigenaardigen toestand door zijne in mindere of meerdere mate voortdurende beweging. Van vastzetten mag dus geen sprake zijn, en zal ook nooit sprake zijn, alhoewel dit weleens beweerd is. Dat bij enkele houdingen eene gewelfde borstkas verlangd wordt, „borst vooruit," wil nog niet zeggen dat zij ook absoluut onbeweeglijk gehouden moet worden. Zulks is onmogelijk waar tevens geëischt zou worden een vastzetten der buikwand bij het bevel „buik in".

De borstkas wordt gedragen door spieren van de bovenste ribben naar de halswervelkolom, het schouderblad en den bovenarm. Trekken deze zich samen, dan zal de borstkas stijgen, verslappen zij dan daalt ze voorzoover natuurlijk de tonus dier zelfde spieren dit toelaat. De lager gelegen ribben zijn door de tusschenribspieren aan de boven gelegene bevestigd.

Op den buik zijn drie invloeden werkzaam. Eerstens de samentrekking der buikwandspieren. Maar in de tweede plaats is van nog grooter belang de houding van de wervelkolom. Is deze ingezakt, met een sterke lordose door het vooroverkantelen van het bekken (zie § 27) dan zal ook de buik groot, uitgezakt schijnen. Verandert dit, drukt de houding meer ernergie uit, dan zal de buik afgevlakt zijn.

En in de derde plaats is het bovenste aanhechtingspunt der buikwandspieren, de thorax, van groot belang. Is dit gedaald, dan worden deze weer ontspannen, uitgezakt.

§ 33. En eindelijk de schoudergordel. Deze draaibaar in het borstbeen-sleutelbeensgewricht, articulatio sternoclaviculare, om een verticale as, althans in den opgerichten stand, zal naar voor kunnen hangen, waarbij

het sleutelbeen komt te rusten op de eerste rib, waardoor natuurlijk de borstkas onvoordeelig belast wordt. Bewezen is dit o. a. door een breuk van het eerste ribkraakbeen door te groote belasting van den arm. Maar teruggetrokken en — gehouden door de ruitvormige spieren, mm. rhomboïdeï, en monnikskapspieren, mm. trapezii, zullen zij aan den thorax een breeder aanzien geven.

Het sleutelbeen maakt met het schouderblad een hoek van 30^0 en met het frontale vlak een hoek van 67^0. De armen hangen aan het schouderblad ongedwongen, opgehouden door den tonus der verschillende armspieren, die telkens als lussen het gewricht omgeven.

Op den ruststand van den schoudergordel werken: de tonus van de spieren, de zwaarte van den arm, de spanning der banden en de wrijving. Deze laatste factor is natuurlijk klein genoeg om verwaarloosd te mogen worden. Mollier (Statik und Mechanik des menschlichen schultergürtels) heeft nu aangetoond dat de clavicula in staat is, zonder hulp der spieren het gewicht van den arm te dragen door de sterke banden om het borstbeen-sleutel-beensgewricht. Deze verhinderen geheel en al een zinken van het schoudertopseinde maar kunnen niet tegengaan dat dit, als de arm belast wordt, naar vóór gaat.

Voor den goeden stand van het schouderblad zorgen de banden tusschen het ravenbeksuitsteeksel en het sleutelbeen die in den gewonen stand eveneens aangespannen zijn. Wordt de arm belast, dan is het het bovenste trapezius gedeelte dat een naar beneden, maar vooral een naar voor zinken tegengaat. Andere spieren van den schoudergordel spelen bij den onbelasten arm geen, bij den belasten slechts een kleine rol.

§ 34. Bespreken wij ten slotte de vraag op welke manier de stand, voorzoover er spierwerking bij te pas komt, en dat dit veel is, hebben wij in het voorgaande gezien, bewaard wordt, hoe de storingen in het evenwicht tot het centraal zenuwstelsel komen.

In de eerste plaats is het gezichtsorgaan het còntrôlemiddel. Wordt dit dan ook bedrogen, zooals dat gebeurt in het kermisspel, waarbij de personen plaats nemen in een bak welke in een kamer geplaatst is. Terwijl nu de bak onbeweeglijk blijft, draait de kamer rond, waardoor alle personen duizelig (en erger) worden. Iets dergelijks is de oorzaak der zeeziekte.

Niet minder belangrijk echter is dat orgaan, hetwelk ontvangt de prikkels uit de dieper gelegen organen, pezen, banden, spieren en gewrichten, „la conscience musculaire". Dit is het, wat ons het meest op de hoogte houdt van den stand onzer lichaamsdeelen onderling, het gezichtsorgaan meer van den stand van ons lichaam in de ruimte. Maar beide kunnen elkaar vervangen. Want een blinde, of een ziende met de oogen dicht, weet nauwkeurig hoe zijne ledematen staan. En iemand wiens diepe sensibiliteit verloren is gegaan, zooals dat bij enkele ziekten, met name de tabes dorsalis, gebeurt, zal dit verlies in het gewone leven slechts weinig merken. Eerst wanneer hij in het donker loopt, of de oogen gesloten heeft, dus wanneer beide momenten uitgeschakeld zijn treedt het verlies duidelijk op, een verschijnsel hetwelk ataxie heet. Ook de drie halfcirkelvormige kanalen spelen voor het bewaren van het evenwicht een groote rol, n.m. daar waar het eene standverandering van het geheele lichaam betreft.

HOOFDSTUK II.

Bewegingen in stand.

A. *Armbewegingen.*

§ 35. In den gewonen stand kunnen wij maken, arm-, romp- en beenbewegingen. Wij willen eerst de armbewegingen bespreken, omdat deze het eenvoudigst zijn.

Om het zwaartepunt van een lichaam te vinden, kunnen wij uitgaan van de zwaartepunten der verschillende onderdeelen. Kennen wij de ligging dier punten en het gewicht der deelen, dan is daaruit, zooals in de Mechanische inleiding (§ 19) voldoende blijkt, het zwaartepunt van het geheele stelsel te vinden. Deze methode is toegepast voor het menschelijk lichaam door Harless in zijn uitmuntend werk: Lehrbuch der Plastischen Anatomie. Verandert echter de stand der samenstellende deelen, dan moet dit van invloed zijn op het aangrijpingspunt der resultante: het Totaalzwaartepunt. Wordt er dus in het lichaam eene beweging gemaakt, dan zal daardoor het Lichaamszwaartepunt een anderen stand krijgen in het lichaam zelf.

Maar, en dat moeten wij ons duidelijk voor oogen

stellen, door deze standsverandering der deelen onderling, is nog niets gezegd over de verhouding van het Lichaamszwaartepunt ten opzichte der omgeving. Die verhouding blijft *onveranderd* door krachten, welke slechts *binnen* dat stelsel werken. Eerst wanneer er een kracht van *buiten* op het zwaartepunt werkt, zal het ook zijn stand ten opzichte van de omgeving wijzigen.

Voortdurend echter is het lichaam in contact met de buitenwereld, uitgezonderd enkele oogenblikken bij den sprong enz., en deze geeft dus voortdurend eene kracht als de weerstand van den bodem. Bij onze beschouwingen over het zwaartepunt bij bewegingen hebben wij dus steeds met twee dingen rekening te houden:

1^0. met de krachten, die in het lichaam werken, eene standsverandering der deelen onderling geven, maar het totaalzwaartepunt op zijn plaats laten ten opzichte der omgeving;

2^0. met de krachten die van buitenaf op het lichaam werken en eene plaatsverandering van het zwaartepunt bewerken.

Zie voor deze beschouwingen uitvoeriger de elementaire uiteenzettingen van Strasser in „die Grundbedingungen der aktiven Lokomotion."

§ 36. Beschouwen wij eerst die krachten in het het lichaam, waarbij wij ons wegdenken de krachten buiten het lichaam, en ons dit voorstellen als zwevende in de ruimte. Daardoor leeren wij dan kennen de verplaatsing der zwaartepunten. Komen er nu uitwendige krachten bij, dan blijven die zwaartepunten nog de neiging behouden om te gaan in de gevonden richting, maar die neiging kan nu niet geheel (en in hoeverre dit gebeurt zullen wij dan weer na te gaan hebben)

tot uiting komen. Daardoor zal het ons mogelijk worden te verklaren, hetgeen wij zien gebeuren.

Voordat wij eene beweging in het ingewikkelde lichaam nagaan, willen wij eerst een eenvoudig voorbeeld behandelen.

Denken wij ons twee bollen waarvan de eene 5 × zoo zwaar is als de andere. Werkt er nu tusschen die beide bollen eene kracht, welke ze uit elkaar drijft dan zullen beide zich van elkaar af bewegen. Maar de lichtste zal de grootste beweging krijgen, de zwaarste de kleinste, welke bewegingen zich nu tot elkaar verhouden omgekeerd als hunne massa's (gewichten). Gaat dus de groote bol 2 cM., dan gaat de kleinste 10 cM. Hunne zwaartepunten zijn 12 cM. van elkaar afgegaan maar hun gezamenlijk zwaartepunt, het totaal zwaartepunt van het stelsel blijft op zijn plaats, Om dit nog aan te toonen, diene de volgende berekening.

In hun eersten stand waren hunne momenten ten opzichte van het totaalzwaartepunt gelijk, wat volgt uit de bepaling van het zwaartepunt.

Het moment van den grooten bol met eenem assa = 5 en eene verplaatsing = 2 cM. is dus vermeerderd met 5 × 2 = 10 momentseenheden. En dat van den kleinen met eene massa = 1 en eene verplaatsing = 10 cM. evenzoo met 1 × 10 = 10 momentseenheden. Hunne momenten ten opzichte van het totaalzwaartepunt zijn dus nog onderling gelijk gebleven, er is aan dat zwaartepunt niets veranderd, het is op zijn plaats gebleven.

Hetzelfde is natuurlijk mutatis mutandis het geval, wanneer er eene kracht werkt, die de bollen naar elkaar toe had gebracht.

§ 37. Na deze uiteenzetting, willen wij eene armbeweging beschouwen, waarvoor wij nemen het voorwaartsheffen der armen tot horizontaal.

Wij hebben hierbij te maken met twee deelen: de armen en de rest van het lichaam, kortweg het lichaam.

Het zwaartepunt van de armen zal door die beweging naar voor en omhoog gebracht worden. Dit zwaartepunt ligt (Harless) op $^{200}/_{1000}$ van de geheele lichaamslengte van het bovenste punt der extremiteit, wat wij ons denken te zijn de frontale as door het schoudergewricht, waaromheen de beweging plaats vindt; zoodat het zwaartepunt een boog beschrijft van 90° ongeveer van vertikaal tot horizontaal, met die as als middelpunt en met een straal van $^{200}/_{1000} = {}^{1}/_{5}$ der lichaamslengte dus bij een lengte van 1,8 M. 36 cM., welke getallen wij in het vervolg willen gebruiken.

Het zwaartepunt van de armen gaat dus 36 cM. naar voor en naar boven.

De verhouding tusschen het gewicht der armen en het gewicht van de rest des lichaams is als 18,166 : 100,3 dus grofweg als 1 : 5,5.

Het lichaam hebben wij ons als vrij zwevende gedacht, de krachten die deze beweging geven, zijn geheel krachten binnen het lichaam dus zal de rest van het lichaam zoover uitwijken in eene andere richting, dat het totaalzwaartepunt op zijn plaats blijft. Daartoe moet het $^{1}/_{5,5} \times 36$ cM. naar *achter* en *onder* gaan, dus 6,5 cM. in elke richting.

Dit zal gebeuren, als het lichaam vrij zweeft, dit zal *willen* gebeuren als er nog een uitwendige kracht op werkt.

§ 38. En dit kunnen wij ook inderdaad bewijzen. Zetten wij nl. het lichaam op een nauwkeurig geëquilibreerde bascule, dan is daardoor de vertikale weerstand, beter de weerstand van den bodem tegen vertikale verplaatsing, uitgeschakeld. Laten wij nu de armen krachtig heffen tot horizontaal, dan gaat de schaal met het lichaam naar *beneden*, de schaal met de gewichten naar boven. Omgekeerd gaat het lichaam naar *boven* als de armen dalen; daarna keert de bascule natuurlijk weer tot zijn evenwichtsstand terug.

Om den weerstand van den bodem tegen de horizontale verplaatsing te ontgaan, kunnen wij den proefpersoon op een schommel plaatsen, waardoor die horizontale weerstand wel niet geheel uitgeschakeld wordt maar toch wordt verminderd. Zit de persoon op den schommel met de beenen gebogen in de knieën en worden deze nu krachtig gestrekt, gaat dus het zwaartepunt van de de onderbeenen naar voor en boven, en dus van de rest naar achter en beneden, dan zien wij inderdaad het lichaam naar achter gaan.

Evenzoo kunnen wij de proef nemen staande op schaatsen of op ballen. Zittende op een rijwiel kon ik geen duidelijk resultaat krijgen.

En ook de volgende waarneming vindt zijne verklaring in deze richting:

Verheffen wij ons in teenenstand, wordt dus het ondersteuningsvlak zeer klein en heffen wij nu de armen krachtig tot horizontaal, dan vallen wij vóórover.

Dit begrijpen wij als volgt: Het zwaartepunt van de rest van het lichaam wil naar achter (en beneden) om het totaalzwaartepunt op zijn plaats te laten. Het kan echter niet zoover gaan als het wil, vastgehouden

als het is door de voeten op den grond. Het zal dus onvoldoende naar achter gaan, het totaalzwaartepunt zal naar voor gebracht worden, voor het kleine ondersteuningsvlak: wij vallen voorover.

Evenzoo bij het dalen der armen vallen wij achterover.

Worden de armen geheel omhoog gebracht, dan is er weinig neiging tot omvallen.

§ 39. Wij zagen dus, dat de zwaartepunten der armen naar voor, het zwaartepunt van het lichaam naar achter gaat, dus van elkaar. Er moet dus tusschen beide eene afstootende kracht werken, veroorzaakt door spierwerking. Hoe moeten wij ons dat voorstellen, een spier, die, zich samentrekkende, toch uit elkaar duwt? Dat een spier zijn eindpunten niet uit elkaar duwen kan, is zoo begrijpelijk, dat wij er verder niet over behoeven te praten. Maar wel kan een spier twee skeletdeelen uit elkaar duwen, door middel van het beenstelsel.

Om ons dit duidelijk te maken, denken wij ons het lichaam rechtop, de armen geheven tot horizontaal, de onderarmen in de elleboogsgewrichten zoo gebogen, dat zij ook nog horizontaal, dus transversaal, staan. Laten wij thans de driehoofdige strekspier werken, dan wordt het elleboogsgewricht gestrekt, de zwaartepunten van onderarm en der rest van het lichaam verwijderen zich van elkaar.

Door deze beweging ondervindt het opperarmbeen een druk, want het bevindt zich tusschen de uiteinden der zich contraheerende spier. Die druk is gelijk aan de spierkracht en, zooals alle druk, in twee richtingen, naar voor en naar achter, gericht. De humerus zal zich

dus zoowel naar voor, in de richting van den elleboog, als naar achter, in de richting van het schoudergewricht, willen bewegen. Zonder meer zal het dus op zijn plaats blijven. Er is echter meer, nl. een weerstand aan weerskanten. Die weerstand is niet gelijk. Aan den eenen kant wordt hij gevormd door den onderarm, aan den anderen kant door het geheele verdere lichaam, eene verhouding als: 6,30 : 100,3 = 1 : 16. Het voorste einde zal dus meer uitwijken dan het achterste einde en wel 16 × zooveel.

Wij behoeven echter niet steeds een geheel beenstuk te beschouwen, wij kunnen een enkel gewrichtsstuk nemen, waarop nu aan beide kanten de spierkracht werkt en dat naar beide zijden een ongelijken weerstand ondervindt.

Het is dus door invloed van het beenstelsel, dat een samentrekkende spierkracht tot een afstootende kan worden.

§ 40. Bij dit voorwaartsheffen der armen, hebben wij dus nu uitvoerig besproken de inwendige krachten met hare gevolgen. Bespreken wij thans de uitwendige krachten, dan vinden wij als eenige uitwendige kracht de weerstand van den bodem.

De luchtweerstand toch is zoo gering, dat wij die geheel kunnen verwaarloozen en dat ook in ons geheele boek zullen doen.

Een weerstand, zooals de bodem die geeft, heeft verschillende eigenaardigheden. In de eerste plaats mogen wij hem als absoluut beschouwen, dat wil zeggen: hij is altijd nog grooter dan de grootste kracht, waarover wij te beschikken hebben bij onze besprekingen.

En in de tweede plaats is hij altijd net tegengesteld aan de beweging, zooals deze ontstaan wil, en even groot als de kracht.

In ons voorbeeld wil ontstaan een beweging der voeten naar beneden en naar achteren, dus treedt de weerstand op, met even veel kracht naar boven en naar voor. De voeten blijven onbeweeglijk. Het lichaam kan niet gaan zooals het wilde om het totaal zwaartepunt op zijn plaats te houden. Dit zal dus bewegen ook ten opzichte der omgeving, het zal hooger komen en meer naar voor.

Het gevolg van dit hooger komen is gering. Wij zullen straks zien, wat het is. Door het naar voor komen, komt dus ook de zwaartelijn meer naar voor. Het is, voor de zekerheid van den stand, gewenscht, dat de lijn zooveel mogelijk in het midden van het ondersteuningsvlak valt en daarom zal het lichaam wat achterover gaan hellen, wat gebeurt in het enkelgewricht, zooals wij in § 20 zagen.

Nog duidelijker wordt natuurlijk dit achteroverhellen, wanneer de handen belast zijn. Dan kan zelfs een achteroverhellen in de wervelkolom noodzakelijk zijn.

§ 41. De armbewegingen zijn: armen voorwaartsheffen, zijwaartsheffen, achterwaartsheffen, omhoogheffen (zij- en voorwaarts), buigen, en in die richtingen strekken van uit den gebogen stand. Die bewegingen gebeuren in het schoudergewricht, tusschen opperarmbeen en schouderblad, in het borstbeensleutelbeensgewricht en in het schoudertop-sleutelbeensgewricht. In het eerste gewricht kan de arm slechts tot 90^0, dus tot horizontaal

geheven worden. Daarmede echter is in het geheel niet gezegd, dat het heffen tot horizontaal uitsluitend in het eerste gewricht gebeurt en daarboven pas het tweede gewricht mededoet. De beweging geschiedt direkt in de beide gewrichten, alhoewel de andere voorstelling nog dikwijls gegeven wordt. Die draaiing bedraagt feitelijk 110^0, maar de spieren welke den bovenarm heffen, draaien ook het schouderblad terug, en wel ongeveer 20^0. Vandaar dat het zichtbaar effekt slechts 90^0 is.

Hoe intens fout dan ook een plaatje is, zooals dat te vinden is in E. Paz, La Gymnastique Raisonnée, 1909, waarop afgebeeld een skelet en een spiermensch met hoog geheven armen, terwijl het schouderblad nog volkomen recht staat, behoeft dan ook wel geen betoog. Ik heb dit geschrift dan ook niet vermeld in de lijst der lezenswaardige boeken.

Voor de spierwerking bij al deze bewegingen verwijzen wij naar de tabel.

Bij het zijwaartshoogheffen vindt, tenzij men er speciaal op let, gewoonlijk tevens eene rotatie plaats, zoodat de handpalmen ten slotte toch nog naar elkaar gekeerd zijn. Dit zouden wij als volgt willen verklaren:

Door die heffing worden enkele spieren, als latissimus dorsi, teres major, pectoralis major en subscapularis gerekt, welke rekking echter afneemt als de bovengenoemde draaiing plaats vindt. Ook daardoor worden nu weer enkele andere spieren gerekt, als teres minor, infraspinatus, maar deze zijn veel kleiner van massa als de eerstgenoemden, dus moeten tegenover die sterkeren terugtreden.

§ 42. Wat bij het voorwaarts, of voorwaartshoogheffen der belaste armen onvermijdelijk wordt, namelijk het vergrooten der lendenlordose op welke manier dan ook, gebeurt echter bij slappe personen ook reeds bij het heffen der onbelaste armen. Daardoor treedt de buik sterk naar voor, zooals wij dat zoo dikwijls kunnen waarnemen bij weinig coquette vrouwen, die een hoed opzetten, of hoog reiken, enz. Dat dit zeer leelijk is, zien anderen wel sterker dan zijzelf. Te begrijpen, alhoewel nog niet te verontschuldigen, is deze beweging wel, althans bij voorwaarts- en voorwaartshoogheffen, door de neiging om het zwaartepunt naar achter te brengen. Maar deze neiging is niet aanwezig bij het zijwaartshoogheffen, of het boven het hoofd buigen. Dat dan toch die fout gemaakt wordt, komt mijns inziens deels uit onoplettendheid voor de rest van het lichaam bij de beweging van een zijner deelen, deels door de spanning, welke er bij die houdingen optreedt in de borstspier, welke verminderd wordt, wanneer de borst niet meer rechtop staat maar achterover hangt. Een sterkere buiging in het bovenste borstgedeelte en in de halskolom brengt het hoofd weer recht.

Het verschil armen buigen vóór de borst en naast de schouders komt door mindere of meerdere werking der ruitvormige spieren. Ook hier is, om dezelfde reden als daarstraks, de houding voor de borst de gemakkelijkste.

Zoo dikwijls wordt gesproken over den verruimenden invloed, die de armbewegingen op de borstkas uitoefenen. Deze bestaat inderdaad en komt op verschillende manieren tot stand.

In de eerste plaats worden er spieren gerekt, die

van den arm of schouder naar de borstkas gaan, waardoor telkens ook de ribben opgeheven en uit elkaar getrokken worden.

Maar in de tweede plaats worden natuurlijk die spieren geoefend, welke den schoudergordel naar achteren trekken en dragen als ruitvormige en monnikskapspieren, waardoor zij deze werkingen beter kunnen volvoeren. Niet alleen, dat daardoor de borstkas een breeder aanzien krijgt, maar ook wordt het gewicht van den arm, dat anders drukt op de eerste rib daarvan afgenomen, zoodat de borstkas vrijer wordt.

§ 43. Een enkel woord over de assen bij al deze bewegingen. Wij kennen in den gewonen stand de vertikale, de transversale en de sagittale as, waarom respectievelijk gebeuren de rotatie, de slingerbeweging en de abductie. Daar dit echter assen zijn, getrokken in de ruimte, zonder te letten op het lichaam, en daar het lichaam in de ruimte beweeglijk is, kunnen er moeielijkheden mee komen. Het is daarom beter te spreken over rotatieas, slingeras en abduktieas en deze te bepalen naar het schouderblad. Deze assen vallen dan wel niet geheel samen met de vertikale, transversale en sagittale, maar zij hebben het voordeel dat om hen de zuivere bewegingen geschieden, en zij in elken stand van het lichaam hun naam behouden.

De slingeras (nagenoeg transversale) gaat dan in het verlengde van den wortel der spina scapulae door het hoofd van den humerus, dus wisselt met den stand van het schouderblad. Loodrecht hierop staat natuurlijk het vlak waarin de armen slingeren bij het gaan, het slingervlak. De tweede horizontale as, de abductieas,

staat loodrecht op de slingeras en loodrecht op beide de vertikale rotatieas (Meyer).

Hoe verhouden die assen zich nu bij bewegingen in het schoudergewricht? H. v. Meyer doet het voorstel (Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes blz. 116) om deze assen vast te denken ten opzichte van den humerus en ze nu met deze te doen meebewegen. Dan komt bij slingeren van den arm naar voor de abductias bijna loodrecht, bij het slingeren naar achter tot een hoek van 60° met den horizon. Ook om deze reden is het beter niet te spreken van *de* transversale enz. as van het schoudergewricht, omdat wij dan, bij deze opvatting, eene transversale as zouden krijgen, die vertikaal staat op een gegeven oogenblik.

Toch is er tegen dit voorstel veel te zeggen;

Vragen wij nl. om welke as de beweging; de horizontale arm van voor- zijwaarts en omgekeerd brengen, geschiedt.

Is de arm voorwaarts geheven, dan is de abductieas loodrecht gekomen en geschiedt de gevraagde bewegingen om die abductieas volgens de bepaling van Meyer.

Is echter de arm zijwaarts geheven dus om den abductieas, dan is het de slingeras die nu vertikaal staat en dan zou nu dezelfde beweging om die slingeras gebeuren. Deze moeielijkheden te ontgaan, zal altijd lastig vallen.

Eene oplossing wordt verkregen door Meyer's namen aan te nemen, evenzoo zijn voorstel voor zoover het betreft bewegingen van het gansche lichaam. Dus wanneer de vraag is: Om welke as gebeurt de beweging: In rugligging den arm zijwaarts brengen, dan

gebeurt dit om *de* abductieas. Hoe verloopt deze thans? Vrijwel vertikaal.

Maar verder, als er sprake is van eene beweging vanuit een anderen uitgangsstand van den arm als de gewone: armen langs de zij, te spreken over *eene* vertikale, horizontale as. Zoodat dan bovengenoemde beweging: de horizontale armen voor-zijwaarts brengen, gebeurt om *eene* vertikale as.

§ 44. Ten slotte willen wij even het zwaartepunt bij enkele armstanden aangeven, daarbij de getallen gebruikende, die wij in § 37 noemden.

Bij het zijwaartsheffen van de armen zijn de zwaartepunten der armen 36 cM. gestegen. Het moment ten opzichte bijvoorbeeld van den grond is dus toegenomen en wel, het gewicht der armen = 1 stellende met 36 × 1 momentseenheden. Het moment van de rest van het lichaam is gelijk gebleven. Voor het zwaartepunt bestaat de volgende vergelijking. Stellen wij:

Moment van het lichaamsgewicht = Mom. L.

Moment van de lichaamsrest Mom. R.

Moment van de armen Mom. A dan moet

Mom. L = Mom. R + Mom. A.

Dit laatste neemt toe met 36, dan moet ook het moment van het lichaam toenemen met 36. Nu is echter R = 5,5 A en L = R + A dus 6,5 A.

En dan is de afstand van het lichaamszwaartepunt tot den grond vermeerderd met $\frac{36}{6,5} = 5,54$ cM. Het totaalzwaartepunt stijgt dus 5,5 cM. en komt dus nu ongeveer op het midden van den vijfden lendenwervel. Zijn de armen omhoog gestrekt, dan mogen wij aan-

nemen, dat nu hun zwaartepunt 72 cM. hooger gekomen is en dan zal het totaalzwaartepunt 11 cM. gestegen zijn dus nu liggen ter hoogte van den onderrand van den derden lendenwervel.

Bij het naar voor brengen der armen komt het zwaartepunt op dezelfde hoogte als bij het zijwaarts brengen. Het totaalzwaartepunt zal echter ook 5,5 cM. naar vóor gaan. Maar nu treedt corrigeerend op de beweging in het enkelgewricht, waardoor de verhoudingen weer, en wel telkens in verschillend groote mate zullen veranderen zoodat wij het achterwege laten, hiervoor nadere plaatsaanduiding te geven. Ziehier de getallen zooals de Gebr. Weber die aangeven in hun „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge," waarop onze plaatsbepaling van het zwaartepunt berust, bij de armbewegingen:

	Gemiddelde dikte van	mM.	
1ste	heiligbeenswervel	30	
	tusschenwervelschijf.	11	
5de	lendenwervel	26,30	55 mM.
	tusschenwervelschijf.	8,6	
4de	lendenwervel	26,75	
	tusschenwervelschijf.	6,85	110 mM.
3de	lendenwervel	28,15	

Deze getallen worden echter door Blumenfeld „die Lendenkrümmung bei verschiedenen Menschenrassen" tegengesproken.

B. *Beenbewegingen.*

§ 45. Veranderde bij de armbewegingen slechts de stand der deelen onderling, waardoor het zwaartepunt een ietwat veranderde ligging kreeg, thans gebeurt er nog iets anders: het ondersteuningsvlak wordt kleiner.

Niet alleen gebeurt dit bij die beenbewegingen waarbij een voet den grond verlaat, maar ook reeds bij „het stellen" of den „ruststand" op een been, want al raakt dan het andere been toch nog den grond, als steunvlak komt het niet meer in aanmerking. Wij hebben nog maar met een steunend been, het standbeen, te maken.

Al verandert er aan de ligging van het zwaartepunt door de beenbeweging als zoodanig niets, toch zal het noodig zijn het anders te ondersteunen want normaliter valt de zwaartelijn tusschen de beide voeten, en nu wordt een der voeten weggehaald.

Er moet eene verschuiving van het zwaartepunt in zijwaartsche richting naar het standbeen toe plaats hebben, welke verschuiving nu gecombineerd kan worden met eene in voor- of achterwaartsche richting, naar gelang de achter- of voorwaartsche beweging van het andere been dit noodig maakt.

Die verschuiving kan geschieden zooals wij in § 31 zagen in de voetgewrichten, het heupgewricht of de wervelkolom, het meest zal ze in heupgewricht en wervelkolom geschieden door eene buiging naar de zijde van het standbeen. Wordt dus het linkerbeen links zijwaarts geheven, dan werken niet alleen de zijwaartsheffers van het linkerbeen als tensor fasciae latae en bilspieren, maar ook, en nog veel sterker, dezelfde spieren, benevens de rugspieren, aan den rechterkant om den romp zoover naar rechts te brengen, dat zijn zwaartepunt boven het ondersteuningsvlak van dezen eenen voet komt. Sterker, want de spieren aan den linkerkant behoeven slechts het linkerbeen op te houden, die aan den rechterkant den geheelen romp met het linkerbeen. Dezelfde opmerking werd in het

kort reeds gemaakt bij de tabel over spierwerkingen.

Hetzelfde zal eveneens moeten gebeuren, wanneer het been in eene andere richting dan links zijwaarts wordt geheven. Want zelfs door het rechts zijwaarts heffen van het linkerbeen zal toch nooit het zwaartepunt voldoende naar rechts gebracht kunnen worden.

§ 46. Het bekken komt bij al deze bewegingen schuin te staan. Bij den ruststand staat het aan den kant van het standbeen hooger; want het andere been bereikt, zelfs gebogen, dus korter, nog den grond, dus moet wel zijn bovenste punt lager komen.

Bij het zijwaartsheffen, tot welke beweging wij ons willen bepalen, is dit echter niet altijd het geval. Want is het linkerbeen geheven tot zekere, niet de maximaal, hoogte dan is het bekken nog beweeglijk en kan nu draaien zoowel met de rechterhelft naar boven, waardoor, wil het linkerbeen in dezelfde lijn blijven, de abductie van dit been ten opzichte van het bekken moet toenemen, als met de rechterhelft naar beneden, waardoor de abductie van dit been kan verminderen.

Is het been maximaal geheven, dan zal zeker de zijde van het standbeen het laagst zijn en bij elk individu is een maximum van zijwaartsheffen op te geven, waarboven altijd die helft het laagst zal staan.

Op dit scheefgestelde bekken staat nu de wervelkolom. Door spierinspanning kan deze nog recht, in een lijn, gehouden worden, wanneer althans niet de evenwichtsvoorwaarde wordt overschreden. Deze spierinspanning kan te veel zijn en kan dan ontgaan worden, door de wervelkolom terug te brengen naar zijn oorspronkelijken stand, waardoor er dus ontstaat een

zijdelingsche bocht met de convexiteit naar de zijde van het laagst gelegen deel van het bekken.

§ 47. Het evenwichtbewaren bij een zoo verkleind ondersteuningsvlak zal dus veel moeilijker worden. Bovendien zullen de inrichtingen, zooals wij die besproken hebben, waardoor spierwerking in den gewonen stand uitgeschakeld wordt, voor een deel weggevallen zijn, o. a. omdat het bekken ook bij de meeste beenbewegingen mede zal gaan.

Nog moeilijker zal dit evenwicht te bewaren zijn bij die beenbewegingen, welke snel uitgevoerd worden, waarna een bepaalden stand bewaard moet worden. Zij heeten dan ook met recht evenwichtsoefeningen. Want de traagheid zal het been en het lichaamszwaartepunt verder door doen gaan en er zal een groote oefening toe noodig zijn om de daartoe noodige coördinatie aan te leeren.

§ 48. Op dezelfde manier als bij het schoudergewricht kunnen wij ook hier in moeilijkheden geraken, wat betreft de assen van het gewricht. Het onnauwkeurigst is ook hier weer aan te nemen de drie in de ruimte vaststaande assen als sagittale, transversale en vertikale as. Beter doen wij die assen te kiezen in verband met bekken en dijbeen. Meyer geeft dan de volgende assen aan. Wanneer wij den femur zoo stellen dat de hals en het lichaam in een vlak, het femurvlak, liggen, dat nu vertikaal en transversaal gezet wordt en in dat vlak zoo dat de vertikale lijn uit het middelpunt van den femurkop valt in de fossa intercondyloidea, tusschenknokkelsgroeve, dan is deze vertikale lijn de rotatieas.

Tevens is het de lichaamsas van het met weeke deelen bekleede bovenbeen. Hierop loodrecht staat in ditzelfde vlak de flexie-, buigings- of slingeras. De derde as staat loodrecht op deze beide assen, dus loodrecht op dit femurvlak en evenwijdig aan het mediane vlak van het lichaam. Het is de sagittale abductieas. Gaan wij nu de bewegingen na, die de femur maken kan, dan is het af te keuren om uit te gaan van de houding bij den gewonen stand, want dit is eene uiterste, waarin geen achterwaartsheffen noch naar buiten draaien mogelijk is. Beter is het de middelstelling op te zoeken, van waaruit nu naar alle richtingen evenveel graden bewogen kan worden. Deze middelstelling is die, waarin de femur ongeveer verkeert in den zit; als hij dan eenigszins wordt geabduceerd en naar buiten wordt geroteerd. Het zijn de vage aanwijzingen van Meyer.

Een beter voorstel is dat van Stieda (Ueber die Homologie von Brust- und Beckengliedern Anat. Hefte Bd. 8) voor schouder- en heupgewricht, om zich namelijk een bol te denken met lengte- en breedtegraden en daarin de houdingen en bewegingen aan te geven.

Zoover willen wij er echter niet op ingaan. Evenmin op de werking der spieren om het gewricht, zooals deze verandert bij veranderde houding van den femur. Wij willen alleen opmerken, dat de opgave van onze bewegingstabel uitgaat van den gewonen stand.

§ 49. Alle beenbewegingen, -stellingen, zijn ten slotte terug te voeren tot bewegingen om een of meer van de drie in de vorige paragraaf genoemde assen.

Dat het been achterwaartsheffen niet mogelijk is, hebben wij in § 12 reeds besproken.

Het been voorwaartsheffen komt o. a. tot stand door den musculus ileopsoas, de groote lendenspier, welke zich aan den anderen kant vasthecht aan bekken en lendenkolom, welke beide zeer beweeglijk zijn, zoodat een beenheffen alleen niet mogelijk is; er zal bijkomen een vooroverkanteling van het bekken, benevens eene sterkere lordose van de wervelkolom, welke twee bewegingen altijd samen gaan. Om dit te neutraliseeren en die spier een vast aanhechtingspunt te geven, zullen weer andere spieren moeten werken, welke het bekken achteroverkantelen, waardoor ook weer de lendenkolom teruggaat. Nu zijn de buikspieren wel achteroverkantelaars, maar hier zullen zij weinig kunnen helpen, want zij zetten zich aan de andere zijde vast aan de zooveel lossere ribben en door middel van deze werken zij op de kolom, echter ook zoo, dat de lendenlordose vergroot wordt. Hier zullen het dus de bilspieren enz. zijn die het bekken vast moeten zetten of achterover moeten kantelen, welke beweging gebeurt in het heupgewricht van het standbeen. Onder die spieren komen er vele voor (biceps, semimembranosus, semitendinosus, adductor magnus, obturator externus, zie voorwaarde in tabel, glutaeus maximus), welke mediaal liggen van dit gewricht. Zij zullen dus het bekken ook doen draaien om de abductieas en wel in den zin van *ad*ductie, zoodat de bekkenhelft met het geheven been lager komt. En om dit dalen te ontgaan zullen de musculus tensor fasciae latae en ook de rectus femoris zich in moeten spannen door weer het bekken den anderen kant op te doen draaien. Het hangt van deze inspanning af, welke bekkenhelft zal dalen.

Het beenheffen met gebogen been, het dijheffen dus,

zal veel lichter zijn natuurlijk, dan het heffen van het gestrekte been, omdat in het eerste geval het moment van het gewicht van dat been natuurlijk veel kleiner is, doordat zijn zwaartepunt zooveel dichter bij den romp komt. En ook kan het veel hooger gebeuren, doordat, door het buigen van het kniegewricht, de spieren aan den achterkant, welke over twee gewrichten loopen, als biceps, semimembranosus en semitendinosus, ontspannen worden. Is de knie gestrekt dan komt er eene remming door de rekking dezer spieren en misschien ook van den nervus ischiadicus. Een geval analoog aan dat bij de vuist, die open moet springen als de hand sterk palmairwaarts wordt gebogen, waardoor de vingerstrekkers te sterk gerekt worden.

Uit deze voorbeelden blijkt dus ten duidelijkste, dat ook spieren kunnen remmen.

Bij het zijwaartsheffen van het been gedraagt het bekken zich op dezelfde manier, als bij het voorwaartsheffen; wij achten deze beweging voldoende besproken.

Voor het beendraaien is natuurlijk noodig, dat eerst de betreffende bekkenhelft wat opgelicht wordt.

Dat bij het beenstellen en bij den ruststand het gewicht van het lichaam slechts op een been drukt, is besproken.

Bij het „beenplaatsen" kan echter het gewicht op beide beenen overgebracht worden, maar dan zijn andere houdingen als schredestand, spreidstand, enz. ontstaan.

§ 50. Het zwaartepunt van het lichaam bij eene veranderde beenhouding is slechts dan aan te geven, wanneer die houding van het been nauwkeurig bepaald is en de geheele houding van het lichaam. Daar deze

echter individueel verschilt, kan de bepaling niet gebeuren, zooals wij dat in § 44 voor de armbewegingen gedaan hebben, maar lijkt het ons bovendien onnoodig om die, als zoo weinig vast zijnde, aan te geven.

Voor de bepaling willen wij alleen de volgende momenten geven: Het zwaartepunt moet liggen loodrecht boven de voetzool van het standbeen. Het is door de beweging van het andere been in het lichaam verplaatst in de richting van de verplaatsing, dus bij voorwaartsheffen naar voor en omhoog. Het gewicht van een been staat tot het gewicht van de rest van het lichaam als 20,62 : 97,84 (Harless) dus grofweg als 1 : 5. Het zwaartepunt van het geheele been ligt op $^{185}/_{1000}$ van de geheele lichaamslengte vanaf het bovenste punt der extremiteit (berekend) dus ligt nog boven het kniegewricht. Bij een lichaamslengte van 1,80 M. ongeveer 13 cM. boven het kniegewricht en 32 cM. vanaf het heupgewricht, wat dus de straal is van den cirkel, door het zwaartepunt bij zijne bewegingen te beschrijven.

Wordt het been gebogen dan gelden de volgende getallen:

gewicht bovenbeen (gewicht van de hand = 1 nemende)	= 13,25
gewicht onderbeen	= 5,2
gewicht voet	= 2,17

Afstand zwaartepunt vanaf het bovenste punt in duizendste van de lichaamslengte:

Bovenbeen	121,6
Onderbeen	89,5
Voet (vanaf den hiel)	67,5

C. *Rompbewegingen.*

§ 51. Wij kennen de Rompbuiging voor- en achterover, zijwaarts, rompneigen en rompdraaien.

Deze bewegingen komen tot stand zoowel in de wervelkolom als in de heupgewrichten. Het strakke heup-heiligbeensgewricht zal ook bij het voor- en achteroverbuigen eene beweging zij het eene geringe geven.

Bij het vooroverbuigen is de beweeglijkheid in het heupgewricht een 104^0 (Herz). Voor de buiging van de wervelkolom zelf geeft Meyer aan een hoek van 64^0, welke beschreven wordt door de lijn van ondersten lenden- tot ondersten halswervel. Maar die buiging is niet gelijkelijk verdeeld over de kolom, want de drie onderste lendenwervels nemen voor zich alleen reeds een hoek van 31^0, dus bijna de helft, op hunne rekening. De andere helft mag vrijwel gelijk verdeeld zijn over de rest, maar de onderste borstwervels zijn misschien nog wat minder beweeglijk.

Deze getallen gelden voor de geheele beweeglijkheid dus ook voor het achteroverbuigen. De halswervelkolom is hier niet bijgerekend. Deze bezit eene buitengewone beweeglijkheid en kan zelfs bij het vooroverbuigen naar achter convex worden. Dit blijkt ook uit de getallen die de Gebr. Weber er van opgeven.

(Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge). Volgens hunne metingen kunnen schedel en borstbeen een hoek ten opzichte van elkaar doorloopen van 161^0, wat dus gebeurt in het hoofdgewricht en de halswervelkolom. Bardeleben (Statik und Mechanik des menschlichen Körpers) geeft voor de halswervelkolom aan een hoek van 99^0.

Borstbeen en heiligbeen maken een hoek van 84^0 door de beweging in de wervelkolom. Maar Meyer geeft hier voor op 64^0. Ongetwijfeld is Meyer dichter bij de waarheid, daar op het borstbeen het beweeglijke punt volgens Weber weer andere invloeden werken, die Meyer buiten kon sluiten. Eveneens wijken Weber's getallen af van die van Herz wat de beweeglijkheid in het heupgewricht betreft nl. Weber 80^0. Herz 104^0, een verschil dus naar de andere richting. Als totaal komt Weber dan tot een hoek van 331^0 wat dus is het verschil tusschen de hoeken die twee lijnen aan den schedel en aan het bovenbeen met elkaar maken in de uiterste achter- en vooroverbuiging. Bij de metingen die ik over dit punt heb verricht, ben ik wel gekomen tot een zoo hoog getal als Weber aangeeft, maar dat was een uiterste. De gemiddelde hoek was bij mijne metingen 270^0. De gedetailleerde getallen en de beschrijving der techniek zouden ons te ver voeren.

De remming bij deze beweging wordt gegeven in wervelkolom door de overlangsche banden, waarvan de voorste remt bij achteroverbuigen en omgekeerd, door de elastische banden, welke natuurlijk een grens van rekbaarheid hebben, bij het vooroverbuigen en door de tusschenwervelschijven. Deze zijn opgebouwd, althans den vezelkraakbeenigen ring, uit concentrische cilinders, van boven en van onder aan de wervels vastgemaakt. De neutrale as, dat is de lijn, welke bij buigingen haar zelfde lengte behoudt ligt ongeveer in het midden van het wervellichaam (Meyer), zoodat bij vooroverbuigen de achterste helft dier cilinders zal remmen en omgekeerd. De nucleus pulposus is vrij beweeglijk en gaat dus naar de plaats van den minsten druk.

De remming in het heupgewricht bij achteroverbuigen is voldoende besproken (§ 10, 11, 12,) evenzoo bij vooroverbuigen (§ 49). En evenzoo zullen ook bij de wervelkolom nog spieren als remmende kracht optreden. Het zijn juist deze, welke, als wij ze door oefening buiten kunnen sluiten, de buitengewone beweeglijkheid der slangenmenschen geeft hoewel toch ook door Wulstein afwijkingen in de wervelkolom, met name een kyphose, bij een slangenmensch gevonden is.

§ 52. Het lichaam verkeert in den stand in rust, er komt eene beweging, in casu het voor- of achteroverbuigen, de uitwendige krachten blijven dezelfde, er moet dus eene inwendige kracht zijn, die de beweging in gang zet, welke kracht natuurlijk alleen gegeven kan worden door het samentrekken van verslapte, of het verslappen van gecontraheerde spieren. Bij het vooroverbuigen zijn het de spieren aan den voorkant, welke zich samentrekken, iliacus voor de beweging in het heupgewricht, psoas voor de lendenkolom en de buikspieren enz. voor de geheele wervelkolom. Zoodra zij zich echter eenigszins gecontraheerd hebben, zal de zwaartelijn van den romp met hoofd en armen, van het bewegende deel voor de heupas vallen en nu zal de zwaartekracht wel voor de verdere beweging zorgen, welke echter een valbeweging met grooter wordende snelheid zou zijn, wanneer niet andere spieren en met name de achteroverbuigers, dus bilspieren en rugstrekkers er voor zorgden, dat deze beweging niet dan zeer gelijkmatig, met gewilde snelheid en tot gewilde uitbreiding gebeurde. Het zijn dus deze spieren, welke de beweging toelaten.

Dat er bij deze bewegingen van geen as gesproken behoeft te worden, is duidelijk. Wel kan er eene as opgegeven worden, want de verschuiving van twee lijnen in een plat vlak, in casu een lijn aan den schedel en een aan het bovenbeen, kan altijd opgevat worden als eene draaiing om een punt, maar eenvoudig is dat zeker niet.

Het Rompneigen is eene rompbuiging voorover, echter met heffen (achterwaartsheffen) van hoofd en strekken der borstkolom, zoodat alleen het lendengedeelte en het heupgewricht gebogen wordt.

§ 53. De rompbuiging zijwaarts heeft eveneens plaats in de wervelkolom en in de heupgewrichten. Maar ook hier weer neemt de wervelkolom daaraan niet gelijkmatig deel. Het is weer het onderste lendengedeelte dat het meeste buigen kan, voornamelijk het borstgedeelte blijft soms bijna geheel recht. En voorzeker zal het weinig beweging vertoonen, wanneer het bijzonder stijf is, zooals dat bij scoliose zoo dikwijls het geval is. Bij eene rompbuiging zijwaarts blijft dan ook dikwijls de borstkromming onveranderd. Misschien is die geringe beweeglijkheid te verklaren door de daaraan bevestigde ribben.

Maar ook het heupgewricht geeft een deel der beweging; groot kan dit deel niet zijn, want beweegt het bekken in een heupgewricht, nl. in dat aan de zijde waarna de zijwaartsbuiging geschiedt, in den zin van abductie, dan zal noodzakelijkerwijze de andere bekkenhelft moeten stijgen en daardoor gaat ook het andere been mee omhoog. Nu kan dit wel iets langer worden, terwijl toch de volle voetzool op den grond

blijft, maar veel is dit toch niet. De neiging bestaat dus het afstaande been van den grond te lichten.

Evenzoo kan er een fout gemaakt worden door aan de buiging eene rompdraaiing te verbinden. Daardoor wordt de zijwaartsbuiging eene voorwaartsche, wat verder geschieden kan.

En ten slotte wordt een fout gemaakt door eene beweging der schouders, waardoor de afstaande schouder dieper komt en zoo de schijn van eene diepere zijwaartsbuiging gegeven wordt.

De remming wordt natuurlijk weer gegeven door de tusschenwervelschijven, de banden tusschen de dwarsuitsteeksels, de rompspieren. De bekken-beenspieren zullen niet remmen, aangezien hier meer beweeglijkheid is, dan er beweging gemaakt wordt. Het komen der ribben op den heupkam heeft als remming, gegeven de groote beweeglijkheid dier ribben, hoegenaamd geen effect.

Ook bij het rompdraaien zijn de heupgewrichten betrokken. Bij eene romplinksdraaiing is er in het linkerheupgewricht een naar binnenrotatiestand van het been, en een naar buitenrotatiestand in het rechterheupgewricht. Tevens gaat het linker iets naar achter, het rechter naar voor, maar daardoor zal de rechtervoet den grond willen verlaten, het eerst met den hiel. Dat deze rompdraaiing tot stand komt door het geheele stelsel van schuin verloopende spieren, opgebouwd uit: (bij draaiing naar links) abdominis internus sinistra, — externus dextra, intercostalis interna sinistra, — externa dextra, serratus anticus, rhomboideus, sternocleidomastoideus dextra, behoeft geen betoog.

§ 54. Hoe doet nu het zwaartepunt bij al deze bewegingen?

De opmerkingen hierover bij Strasser: Ueber die Grundbedingungen der activen Lokomotion, zijn zoo duister, dat wij er niets aan hebben.

Bij de Rompbuiging voorover gaat het zwaartepunt van romp met hoofd en armen naar voor en beneden. Redeneerende, als wij bij de armbewegingen deden (§ 36, 37), zal dan het zwaartepunt van het andere deel, in casu de beenen, naar boven en achter willen gaan. Het zal daarin door den bodem en de zwaartekracht verhinderd worden, zoodat het totaalzwaartepunt toch lager en naar voor komt. En dit laatste op dezelfde manier trachtende aan te toonen, vallen wij inderdaad bij teenenstand, door het maken van eene energische rompbuiging voorover, zonder veel moeite te doen om te blijven staan, steeds naar voor.

Op de bascule staande gaat het lichaam naar *boven*. Herinneren wij ons het gezegde in § 38 dan volgt daaruit dat de bascule ook naar boven gaat als de armen dalen. In beide gevallen hebben wij te maken met eene verplaatsing van het totaalzwaartepunt naar *beneden*. Wij hebben toen de verklaring gezocht in de spierwerking. Er is echter nog eene andere verklaring, welke wij, omdat zij hier beter te begrijpen is, bij deze beweging willen geven. Want, verklaren wij toch deze beweging door spierwerking dan ontmoeten wij eene eigenaardige moeilijkheid. Bij het rompheffen uit den voorovergebogen stand gaat nl. de bascule naar *beneden* (steeds is bedoeld de basculeschaal, waar het lichaam op staat). Beide bewegingen, zoowel rompbuigen voorover als achterover, gebeuren door spieren van de beenen naar den romp, dus naar boven verloopende

en deze zullen dus telkens de beenen naar *boven* trachtten te rukken. Wel zou dus deze verklaring opgaan voor het rompbuigen voorover, maar niet voor de buiging achterover.

De volgende overweging echter verklaart beide verhoudingen:

De romp, rechtop staande drukt op de beenen en zoo op de bascule. De zwaartelijn, volgens welke de zwaartekracht werkt, verloopt vrijwel in de lengte der beenen. Zoodra er echter eene beweging, buiging voorover gemaakt wordt, valt de zwaartelijn niet meer door de beenen maar er voor en drukt dus de romp niet meer met zijn volle gewicht op de beenen. De romp verkeert in een valbeweging, wat alleen kan wanneer er geen evenwicht is tusschen de zwaartekracht en de ondersteunende kracht. De zwaartekracht, dat is het gewicht van den romp, blijft natuurlijk gelijk, maar verhoudt zich thans anders, wat wij zien uitgedrukt door het naar boven gaan der basculeschaal.

Zoodra de beweging voorover geremd wordt, houdt de valbeweging op, er treedt weer evenwicht op, de bascule herstelt zich. Maar dat remmen gebeurt door de bilspieren (o. a.) en het is denkbaar, dat de ruk, die zij aan hun onderste ondersteuningspunt, de beenen geven, ook nog mede helpt om de bascule omhoog te doen gaan.

Wordt de romp geheven, dan is er het omgekeerde van een valbeweging, terwijl ook de zwaartelijn dichter naar en ten slotte door de beenen gebracht wordt, het gewicht, dat *tijdens de beweging* op de bascule drukt, zal dan grooter worden, ook weer tot het einde der

beweging als wanneer zich dan weer het evenwicht herstelt.

De spierwerking, hierbij rukkende aan de beenen, zal het naar beneden gaan der bascule eenigszins tegen gaan. Of inderdaad de uitslag in het eerste geval, waar beide momenten elkaar helpen, grooter is dan in het tweede geval, waar zij elkaar tegenwerken, hebben wij door de te geringe nauwkeurigheid der instrumenten niet na kunnen gaan.

§ 55. Evenals wij bij de rompbuiging voorover in teenenstand voorover vallen, zouden wij mogen verwachten, dat wij bij rompheffen *achterover* zouden vallen. Dit experiment echter geeft wisselende resultaten. Nu eens valt de proefpersoon naar voor om, dan weer naar achter. Zoo constant als de proef in het eene geval uitkomt, zoo wisselend is ze in het andere geval.

Wij hebben naar eene verklaring daarvan gezocht en meenen die in het volgende gevonden te hebben.

Door het vooroverbuigen in teenenstand zal deze nog hooger worden, de verhoudingen om de proef te doen gelukken zijn zoo gunstig mogelijk (zie tot goed begrip het hoofdstuk Teenenstand). Door het heffen echter werken de factoren, die den teenenstand veroorzaken (het naar voor brengen van de zwaartelijn) en die het gevolg is van het heffen (het naar achteren brengen van die lijn) elkaar tegen. Wordt nu tijdens het heffen van den romp de teenenstand zoo zuiver mogelijk bewaard, dan zal wel de proef goed uitvallen d. w. z. het lichaam zal achterover vallen. Maar er zijn vele oorzaken als het niet zuiver bewaren van den teenenstand, die de proef zullen doen mislukken.

Om het zwaartepunt in zijne verschillende houdingen te ondersteunen, zullen de beenen zich schuin moeten stellen. Wordt het zwaartepunt door de rompbuiging voorover naar voor gebracht, dan zullen de beenen naar boven achterhellen. Gebeurt dit niet dan moet het lichaam omvallen. Vandaar, dat het onmogelijk is deze buiging te maken, als het lichaam tegen een wand staat. Evenzoo is de rompbuiging achterover onmogelijk, als de beenen niet naar voor kunnen uitwijken. En voor de rompbuiging zijwaarts geldt natuurlijk hetzelfde.

§ 56. Wanneer wij de ligging van het zwaartepunt bij verschillende romphoudingen willen berekenen, dan is het niet meer mogelijk de romp als een geheel met een onveranderlijk zwaartepunt aan te nemen. De romp zelf verandert thans van vorm. Daarom heeft Harless den romp verdeelt in een bovenste en een onderste deel en van elk het zwaartepunt vastgesteld. Die beide deelen zijn dan ellipsoïden, heeten borst- en bekkendeel of boven- en onderromp en zijn elk voor zich als onveranderlijk van vorm te beschouwen. Het zwaartepunt van het bovenste deel ligt in den 6e borstwervel, dat van het bekkendeel weinig boven het totaalzwaartepunt, dus in de 2e heiligbeenswervel of bij den onderrand van den 1e heiligbeenswervel.

De volgende opgaven zijn genomen hoofdzakelijk naar de berekeningen van Meyer in „Die weehselnde Lage des Schwerpunktes".

Wanneer de wervelkolom zoo ver mogelijk naar voor gebogen is, echter zonder draaiing in het heupgewricht, dus vrijwel eene theoretische houding, dan ligt het

zwaartepunt even voor de spina iliaca anterior inferior, vooronderste darmbeensdoorn. De beenen staan nu nagenoeg loodrecht.

Is de rompbuiging verder doorgevoerd, dus ook door draaiing in de heupgewrichten, met neerhangende armen, dan bevindt het zwaartepunt zich ver buiten het lichaam. Daar de juiste ligging afhangt van de meerdere of mindere buiging in de wervelkolom, welke zoozeer wisselend is, laten wij het na het verder aan te geven. Het lichaam is nu als een hoefijzer.

Bij de rompbuiging achterover, en hierbij is er, zoo al, dan toch een klein verschil tusschen de buiging alleen in de wervelkolom en ook in de heupgewrichten, ligt het zwaartepunt vlak buiten het lichaam, boven den 2e heiligbeenswervel. De armen zijn hierbij slap neerhangend gedacht.

D. *Over de elastische banden aan de wervelkolom.*

§ 57. Het lijkt ons hier de geschikte plaats om een vraag te bespreken, die zich op kan doen bij den stand en de rompbewegingen.

De elastische banden tusschen de wervelbogen onderling verkeeren in gespannen toestand, d. w. z: wanneer zij in staat worden gesteld zich saam te trekken, dan doen zij dat. Wanneer wij van een versche kolom de lichamenrij scheiden van de bogenrij, dan verkort deze zich en wel 35 à 45 mM. terwijl de lichamenrij langer wordt, doordat de bochten eenigszins verstrijken.

Dit laatste feit doet reeds vermoeden, dat de tusschenwervelschijven bij een normale kolom samengedrukt zijn, in hals- en lendenkolom aan den achterkant, in

borstkolom aan den voorkant. De metingen, die de gebroeders Weber daarover hebben verricht, bevestigen dit ook inderdaad. Zij hebben gemeten het verschil in hoogte tusschen den voorkant en den achterkant, zoowel van de wervellichamen als van de tusschenwervelschijven. Is de voorkant hooger, dan noemen zij dit getal +, is het lager dan —. Zij krijgen dan de volgende tabel:

	Lichamen.	Schijven.	Som.
Hals	+ 1,3	+ 7,8	+ 9,1
Borst.	— 13,3	— 9,2	— 22,5
Lenden	+ 6,7	+ 21,1	+ 27,8

alles in mM. uitgedrukt.

Brengen wij echter in deze getallen de volgende verandering, dan spreken zij nog meer.

Onder de halswervels springt de tweede halswervel dadelijk in het oog door zijn groot verschil nm. + 3 mM. tegenover het gemiddelde der zes andere wervels nm. — 0,35. Zij geven niet aan hoe bij deze onregelmatige wervel de meting verricht is. Het lijkt ons tot goed begrip beter hun getal te vervangen door dat gemiddelde, waardoor dan hun cijfer bovengenoemd van + 1,3 wordt — 2.

Evenzoo is ook de 5e lendenwervel met zijn bekenden wigvorm een uiterste + 6,2 tegenover het gemiddelde der vier andere wervels + 0,125. Vervangen wij ook dat getal dan wordt de som der lendenwervels + 0,6 en brengen wij deze getallen in bovenstaande tabel, dan wordt deze nu:

	Lichamen.	Schijven.	Som.
Hals	— 2	+ 7,8	+ 5,8
Borst.	— 13,3	— 9,2	— 22,5
Lenden	+ 0,6	+ 21,1	+ 21,7

Uit deze tabel lezen wij dat de kromming naar voor convex in de halswervelkolom geheel en al gegeven wordt door de tusschenwervelschijven, de kromming in de borstkolom naar achter convex, zoowel door de lichamen, als door de schijven, maar voornamelijk door de lichamen, en de kromming in de lendenkolom weer bijna geheel door de schijven.

Want van eene kromming is de convexe kant de langste. Maar wij kunnen er ook uit lezen dat, als de tusschenwervelschijven de gelegenheid gegeven wordt zich uit te zetten, de krommingen in hals en lenden zullen verstrijken, maar die in de borst slechts weinig zal veranderen.

Inderdaad was dit ook de ervaring van Meyer, die in deze cijfers tot uiting komt. En de gelegenheid om zich uit te zetten komt, zoodra de spanning der elastische banden opgeheven wordt. Er is dus eene wisselwerking tusschen deze twee krachten.

§ 58. Er bestaat dus eene wanverhouding als wij het zoo noemen mogen tusschen de lengte der lichamen- en der bogenrij. Deze laatste is ± 4 cM. korter, is dus als het ware eerst uitgerekt, meer dan 4 cM., zooals wij dadelijk zullen zien, en toen aan de lichamenrij bevestigd. Door de spanning opgewekt door de uitrekking, trekt deze bogenrij zich samen, drukt in hals en lenden het achterste deel der tusschenwervelschijven samen, veroorzaakt zoo de krommingen en houdt op zich te verkorten, zoodra er evenwicht is tusschen zijne spanning en die in de schijven, terwijl ook nog het ligamentum longitudinale anterius, voorste overlangsche band enz., diensten bewijst. Maar dan is de

bogenrij nog niet op zijn minimumlengte, want zij kan zich dan nog 4 cM. verkorten, terwijl er ± 2 KG. noodig is om die verkorting tegen te gaan. Maar in de borstkromming gebeurt dat niet. Daar zijn de tusschenwervelschijven aan den voorkant lager (zie tabel), daar komt de kromming vooral door de lichamen. Maar toch hebben ook daar de elastische banden een zekere spanning.

Waar er in het lichaam nog wel eens meer eene dergelijke wanverhouding bestaat in lengte van twee deelen, daar is dit meestal te verklaren door een verschil in groeisnelheid of groeitotaal dier deelen. Zoo b.v. van het ruggemerg en de wervelkolom. Daar groeit de wervelkolom sneller, en wordt, waar ze eerst gelijk zijn, langer dan het ruggemerg, waardoor de cauda equina, paardenstaart, ontstaat.

Eene dergelijke verklaring is hier echter niet te gebruiken. Want dan zouden hals- en lendenlichamenkolom sneller moeten groeien dan hunne bogenrijen, en daardoor zou de spanning dier elastische banden afnemen en zouden wij dus moeten aannemen, dat er eerst nog veel meer spanning heerschte, die nu door den meerderen groei der lichamen gereduceerd werd tot hetgeen wij vinden. Maar in de borstkolom zou juist de lichamenrij sneller moeten groeien. Toch is dit eene geheel absurde verklaring. Een verschil in groeisnelheid in verschillende deelen (hals en borst) van eenzelfde orgaan en zelfs van eenzelfde beenstuk (wervel). Niet zóó achten wij de verklaring, en ook nergens in de literatuur hebben wij eene andere gevonden, ja er wordt over het vraagstuk zelfs niet gerept.

§ 59. Eene verklaring is o. i. te geven langs physiologischen weg. Wij herinneren ons de beroemde wet dat: functie een orgaan sterkt.

De functie nu van het elastische weefsel is: zich saam te trekken na uitrekking.

Denken wij ons thans de wervelkolom van het pasgeboren kind. Deze is licht naar voor gekromd aan den achterkant de elastische banden, die nu echter nog niet gespannen zijn of althans weinig.

Dit is eene veronderstelling welke metingen nog moeten bewijzen. Eene geringe spanning kan op dezelfde manier als wij het nu willen aangeven voor het extra-uterine leven ook intra-uterien ontstaan zijn.

Nu wordt, zij het vrijwillig, zij het, doordat de nog geringe spieren de zwaarte van hoofd en romp nog niet kunnen dragen, eene buiging voorover gemaakt. Daardoor worden de elastische banden aan de achterzijde gerekt, waarop zij antwoorden met zich samen te trekken. Maar dit uitoefenen hunner functie is eene oefening, ze worden sterker, meer ontwikkeld, dat wil zeggen: ze trekken zich langzamerhand meer samen, en kunnen zich meer samentrekken dan hunne lengte in de gewone normale wervelkolom.

Hiermede is nog in het geheel niet gezegd, dat zij het zijn die de hals- en lendenbochten veroorzaken. Maar wel opmerkenswaardig is het, dat juist die twee bochten het meest verstrijken bij afsnijden der bogen dus dat het juist de plaatsen zijn, waar de grootste spanning der banden heerscht, maar bovendien zijn het die plaatsen waar de grootste buiging naar voor geschiedt, waar dus die banden het meest geoefend zullen worden.

Dat die banden in het halsgedeelte dun zijn, dunner dan in het borstgedeelte, bewijst niets, daar niet aangetoond is hoe de hoeveelheid elastisch weefsel zich daarin verhoudt.

Wij denken ons dus de spanning der gele banden ontstaan door oefening, door het verrichten van hunne functie.

HOOFDSTUK III.

Bewegingen uit stand.

A. *Teenenstand.*

§ 60. In den teenenstand is de hiel van den grond opgeheven, de voet bevindt zich in plantairflexie, het zwaartepunt van het lichaam is naar voor gebracht, omdat van het ondersteuningsvlak in den gewonen stand nu slechts het voorste deel gebruikt wordt.

Gewoonlijk komt een plantairflexie van den voet tot stand door contractie van de gastrocnemius en de soleus te zamen de triceps surae genoemd. Oppervlakkig zou men dus meenen, dat het deze spier is, die den teenenstand veroorzaakt en dit is dan ook de gewone opvatting. Inderdaad heeft deze spier een rol erbij te spelen, maar niet de hoofdrol.

De triceps surae veroorzaakt den teenenstand niet, er is veel meer voor noodig. Hiermede hangt samen de vraag welke soort hefboom de voet is bij den teenenstand. Het eerst kwam deze vraag ter sprake door Weber in het artikel: „Muskelwirkung" van het „Handwörterbuch der Physiologie" van R. Wagner. Deze noemde de voet een hefboom van de 2e soort

maar nam, onbegrijpelijkerwijze het enkelgewricht als draaipunt, bij zijne verdere berekeningen.

Ewald (Hebelwirkung des Fusses in Pflügers Archiv 1894) noemde den voet in dit geval een hefboom van de 1e soort. Dit artikel munt uit door onjuistheden. Ten slotte bespreekt L. Hermann de vraag (die Ablösung der Ferse vom Bodem Pflüger's Archiv 1896.) Terloops vermeldt hij den goeden hefboom, maar zijn doel is de berekening der kracht en daarin begaat hij weer fouten. (Zie zijn Lehrbuch). Maar dit interesseert ons hier niet.

Toch lijkt ons het vraagstuk bij nuchtere beschouwing, eenvoudig. De voet wordt belast, in het enkelgewricht. Dit is het lastpunt. Er komt eene draaiing om het voorste steunpunt, dit is het steun- of draaipunt. Zeker ligt dit niet tusschen last en macht zoodat de voet zeer zeker geen hefboom 1e soort vormt. De kracht grijpt aan den hielknobbel. De voet is een hefboom van de 2e soort, althans bij het tot teenenstand komen.

Om dit duidelijk te maken mogen de volgende overwegingen dienen.

Het onderbeen staat op den voet bijna vertikaal, het helt met een hoek van 7^0 naar voor, zoodat wij het wel vertikaal mogen noemen. Tusschen den hielknobbel en het kniegewricht is uitgespannen de triceps surae, driehoofdige kuitspier. De eerste beweging die deze spier bij contractie zou geven, zou zijn, afgezien van de buiging in het kniegewricht door de gastrocnemius, tweehoofdige kuitspier het achterover doen hellen van het onderbeen. Want in den stand is natuurlijk voor de kuitspier de hielknobbel het vaste punt, belast als de voet is door het geheele lichaamsgewicht,

terwijl het bovenste punt in het geheel niet vast is. Dit achterover gaan van het onderbeen moet tegengegaan worden door spieren aan den voorkant als tibialis anticus, in het kort de dorsaalflectoren. Deze zijn echter veel minder sterk als de kuitspieren, of plantairflectoren. Herz geeft hunne verhoudingen als 10—13 zoodat zij het wel niet tegen kunnen houden.

Gesteld echter dat zij het wel kunnen, dat zij dus het onderbeen beletten achterover te gaan. Dan kunnen wij ons het toestel, waarmede wij nu te maken hebben, als volgt denken (fig. 24).

Een horizontaal plankje waarop een vertikaal staande, draaibaar om zijn verbindingspunt met het horizontale plankje, hetwelk ligt op $^2/_3$ van voor af gerekend. Van het achterste punt van het horizontale plankje gaat nu een gespannen elastiekje naar het bovenste punt van het vertikale. Dit zal dan dat vertikale naar achter doen hellen. Verhinderen wij echter dit achteroverhellen door een touwtje aan den voorkant van het vertikale plankje naar het horizontale, dan hebben wij vrijwel weergegeven de verhoudingen van voet en onderbeen in den stand met gespannen, saamgetrokken kuitspier. Maar dan is het toch zonder meer duidelijk dat een dergelijk toestel hoe groot ook de spanning van het elastiek mag zijn, nooit uit zichzelf een beweging zal maken, nooit zal gaan draaien om het voorste punt van het horizontale plankje. Hoe grooter ook de spanning van het elastiek wordt des te grooter ook de kracht die het vertikale plankje naar beneden drukt.

Het is duidelijk in te zien dat samentrekking van de triceps surae geen teenenstand *kan* veroorzaken.

§ 61. Wij willen dit nog nader beschouwen. Noemen wij in bijgaande figuur de spierkracht in de triceps S. Deze werkt dan in twee richtingen, op het bovenste aangrijpingspunt naar beneden en omgekeerd. Evenzoo de spierkracht van den tibialis anticus Z die wij, om geen achteroverhellen van het onderbeen te verkrijgen, steeds zoo groot maken, dat dit niet gebeurt. Zijne grootte zal dan afhangen niet alleen van de spierkracht der triceps maar ook van den hoek die deze voorste spieren maken met het onderbeen. Is deze hoek even groot als die tusschen triceps en onderbeen, dan moet zijn kracht gelijk aan die van de triceps zijn.

Van deze spierkrachten S en Z werkt nu de vertikale component langs het onderbeen op den voet. Die vertikale componenten willen wij noemen VS en VZ.

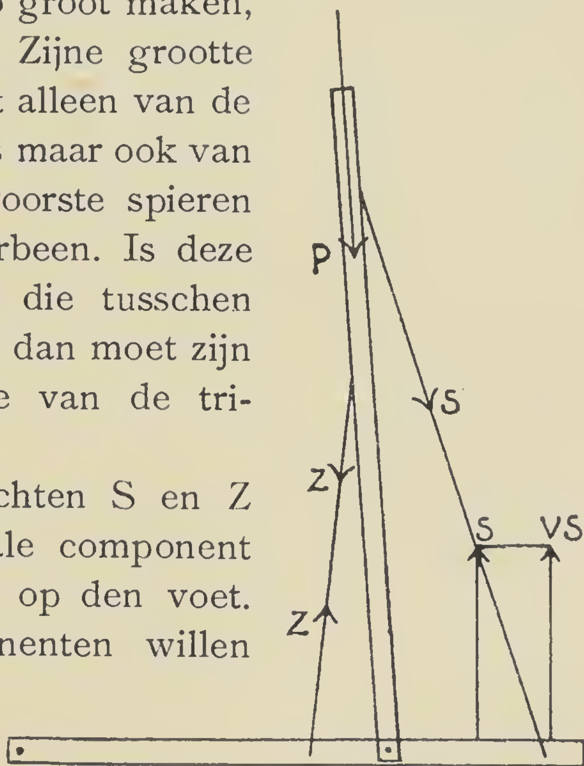


Fig. 24.

Op den hielknobbel werkt loodrecht omhoog eveneens VS en op een punt van den voet meer naar voor gelegen VZ.

De bepaling van dit laatste punt kan eenige moeilijkheid opleveren. Het is niet het aangrijpingspunt van den tibialis, daar deze er vrijwel horizontaal aan komt. Het is veeleer de plaats van ombuiging welke even voor het enkelgewricht ligt, waarvan wij den afstand tot het voorste punt van den voet (metatarsophalangiaalgewrichten) A willen noemen.

Beschouwen wij nu eens den voet als hefboom. Deze draait om zijn voorste punt, waar dus het steunpunt is. De afstand van daar tot het punt waar de voet belast is, het enkelgewricht, de lastarm is $^2/_3$ van den geheelen voet en tot den hiel den machtarm is de lengte van den voet.

Bovendien werkt nog de zwaarte van het lichaam P, die, daar wij het onderbeen vertikaal beschouwden, net zoo overgedragen wordt op het enkelgewricht. En dan zal er niet eens eene berekening noodig zijn om in te zien dat nu de vertikale componenten der spierkracht niet den hiel van den grond kunnen opheffen.

Over die plaats van ombuiging van de voorste scheenbeenspier, waarover wij boven spraken nog een enkel woord. Het is het ligamentum fundiforme, de voorste ringband, wat is het achterste versterkte deel der voetaponeurose. Deze zet zich vast deels aan het been, deels aan de spieraponeuroses en heeft aan den onderkant gootjes, waardoorheen de verschillende pezen der spieren naar den voetrug loopen. Bij sterke individuen krijgt deze band nog een vierde tak en heet dan ligamentum cruciatum, kruisband.

Een eenvoudige proefneming doet ook de juistheid gevoelen. Belasten wij een persoon in stand zoo zwaar als wij willen en hij het kan uithouden, en wij hebben het gedaan tot 150 KG. toe waardoor dus het gewicht op den voet drukkende, het gewicht dat opgeheven moet worden, 3 $\times$ maal vergroot wordt, dan is de teenenstand, althans het oogenblik, waarop de hiel den grond verlaat, niet merkbaar moeilijker geworden.

§ 62. De teenenstand komt echter anders tot stand,

zooals ook reeds Harless aangaf. Absoluut *noodzakelijk* voordat de hiel den grond gaat of kan verlaten, is een *vooroverhellen* van het lichaam, een naar voor brengen van het zwaartepunt.

Dat vooroverhellen komt tot stand door de spieren aan den voorkant. Daardoor ontstaat er eene verhoogde spanning in de kuitspieren. Die verhoogde spanning, hoe moeten wij ons die denken? Is het eene verhooging der tonus, is het eene contractie? Om deze vraag te beantwoorden, zouden wij het eerst eens moeten worden over den tonus. En dat zou ons hier te ver voeren. Wij willen alleen opmerken:

dat de spieren onder eene zekere spanning staan;

dat die spanning door dit vooroverhellen vermeerderd wordt.

Het vooroverhellen in het enkelgewricht komt tot een einde, zij het, doordat het gewricht een verdere dorsaalflexie niet toelaat, zij het doordat de spanning in de kuitspieren te groot wordt. Maar het voorovergaan van het lichaam houdt aan. Dan zal nu het draaipunt een ander worden, het wordt naar voor verlegd in de metatars ophalangeaalgewrichten, de hiel wordt van den grond geheven. Gebeurde er verder niets, dan zou het lichaam geheel naar voor vallen, maar nu trekt de kuitspier zich zeer krachtig samen, nu is de component van lichaamsgewicht en spierkrachten langs het onderbeen een kleinere geworden, nu valt de werking van de voorste spieren weg, overgenomen als zij is door de zwaartekracht, nu is de hielknobbel niet meer belast en nu kan deze omhoog gaan tot plantairflexie, de teenenstand is ontstaan.

Weer wordt er niet alleen aan den hielknobbel

getrokken, maar ook aan het onderbeen, dat daardoor zijne helling naar voor vermindert om rechtop te komen, waardoor ook de valbeweging naar voor tot staan gebracht wordt.

§ 63. Op geheel dezelfde manier is het mogelijk zichzelf op te lichten, staande op een kruiwagen. Als men maar, den rug naar het wiel gekeerd, twee touwen vat, vastgemaakt aan de boomen en nu sterk achteroverbuigt totdat het zwaartepunt even over het ondersteuningspunt valt, zullen de pooten den grond verlaten. Palmt men ondertusschen snel genoeg de touwen in, dan zal het mogelijk zijn, hoewel niet makkelijk, om in evenwicht te blijven. Ten slotte denke men zich een lichaam ondersteund door 3 steunpunten. Nu laten wij het kantelen, totdat de zwaartelijn in en nog later over een der steunpunten valt. Dan zal het lichaam omkantelen. Geheel hetzelfde gebeurt bij al deze bewegingen.

De kracht, welke ons in teenenstand houdt, is de spierkracht van den triceps, welke het enkelgewricht in plantairflexie houdt. En geeft deze dan ook toe, dan zal langzamerhand het lichaam zakken, en den stand weer bereikt worden.

De verrichte arbeid is het lichaamsgewicht $\times$ de hefhoogte.

Hoe hooger het lichaam komt, des te ongunstiger werkt weer de triceps, vandaar dat spierzwakke individuen niet zoo hoog kunnen komen en dit toch nog trachten te bereiken door verder naar voor te gaan, waardoor het lichaamsgewicht meer aan den hielknobbel trekt.

Daar de gastrocnemius de knie zal trachten te buigen, moet de quadriceps dit weer beletten en daarop volgt weer een vooroverkantelen van het bekken door den rectus femoris, wat weer tegengegaan moet worden door de bilspieren, enz.

De teenenstand is een schoon voorbeeld van het mechanisme van ons lichaam, dat ons in staat stelt, door spierkracht en zwaartekracht ons tegen deze laatste in te verplaatsen. Het zwaartepunt is bij den teenenstand slechts een weinig lager gekomen in het lichaam, door de plantairflexie der voeten, maar ten opzichte der omgeving is het hooger en naar voor gebracht, terwijl het ondersteuningsvlak kleiner geworden is. De stand zal dus onzekerder geworden zijn. Welke spieren er tevens in werking moeten treden hebben wij boven al gezien. Daar er nu veel meer spieren werken, dan in den gewonen stand zal ook de teenenstand veel zwaarder zijn en zullen de bewegingen van het lichaam ook veel eerder tot evenwichtsverstoringen aanleiding geven, waarvan wij al meermalen gebruik maakten.

§ 64. Beschouwen wij ten slotte den voet in teenenstand.

Deze kan, bij gestrekte knieën, niet geheel vertikaal komen door de beperkte plantairflexie van het enkelgewricht. De geheele omvang van het enkelgewricht is slechts 86° waarvan ongeveer de helft valt op de plantairflexie. Zijn de knieën gebogen dan kan het wel.

Het steunpunt van den voet bij den gewonen teenenstand is nu het hoofdje van het eerste middenvoetsbeen. De belasting van uit het enkelgewricht, wordt hierop overgebracht door den boog bestaande uit: eerste

middenvoetsbeen, eerste wigvormig been, scheepvormig been en kootbeen. Dit is een naar voor convexeboog, analoog aan hals of lendenbocht, waarbij echter de tusschenwervelschijven ontbreken. Het ligamentum longitudinale anterior wordt hier vervangen door een aantal banden als lig. talonaviculare dorsalis, lig. naviculare-cuneiforme I dorsalis, lig. tarsometatarsalis I dorsalis en ligament. cuneo-metatarsale I, welke deel uitmaken van het groote bandcomplex op den voetrug dat ontspringt van een punt gelegen aan den binnenrand van den astragalus en zich vandaar waaiervormig uitbreidt, waarvan het bovengenoemde binnenste deel het sterkste is, ongetwijfeld door zijne groote functie bij den teenenstand en dus ook bij het gaan, waar telkens een voet zich in deze stelling bevindt. Maar behalve deze banden zijn het ook spieren, die hier kunnen helpen en niet alleen die spieren, welke tot den voetrug beperkt blijven, als: extensor digitorum brevis, korte-teenenstrekker, maar tevens die lange spieren, welke zich naar het onderbeen begeven. Want het deel van die spieren, welke op den voetrug liggen kunnen den boog in stand houden, omdat zij bij het enkelgewricht tegen het been gedrukt worden door het sterke ligamentum cruciatum, voorste ringband (zie § 61).

In den gewonen stand ligt echter de groote teen mediaal van de as van het onderbeen. Deze beide moeten echter bij den teenenstand in een vertikale lijn gebracht worden, dus de teen naar buiten, maar daar deze op den grond vast staat, het onderbeen naar binnen. En dit nu kan geheel gebeuren door de peronaeus longus, lange kuitbeenspier, welke van het kuitbeen en den

tusschenbeensband komende, verloopt achter den buitenenkel, om, dwars (schuin naar voor) onder de voetzool verloopende, zich vast te hechten aan het eerste middenvoets- en wigvormig beentje. Deze zal, door zijne samentrekking, drukkende op den buitenenkel, deze naar binnen brengen.

(Zie: Meyer Statik und Mechan. des menschlichen Fusses).

Nu is er echter ook nog een z.g. kleine-teenenstand bekend, en een stand op de punten der teenen, waarbij deze gestrekt gehouden worden, maar deze willen wij als ons te ver voerende, voorbij gaan.

B. *Kniebuiging.*

§ 65. Wij kennen de kniebuiging waarbij de geheele zool in aanraking met den grond blijft, het hurken, en die waarbij er eerst een teenenstand gemaakt is, dus waarbij alleen de teenen als ondersteuningsvlak dienen. Van beiden kennen wij verder de houding zoover mogelijk doorgevoerd, heele en die, waarbij een bepaalde buiging vastgehouden wordt, de halve kniebuiging.

Zooals het woord al aangeeft, heeft er eene buiging plaats, evenwel niet alleen in de knie, maar ook in heup- en enkelgewricht.

Wij hebben bij den teenenstand de krachten leeren kennen, die dezen stand bewaren. Wat zijn nu de krachten, die de buiging veroorzaken? Het is begrijpelijk, dat de zwaartekracht hiertoe voldoende zal zijn. Maar dan doet zich de vraag op: Wat zijn nu de spieren, die meegeven?

Dat zal in de eerste plaats de quadriceps zijn. Daardoor komt er buiging in het kniegewricht. De knie wijkt naar voor uit en, door langzaam toe te geven, bewerken zoo de drie vasti de diepe kniebuiging. De rectus femoris noemen wij hierbij niet, want deze heeft weer eene ingewikkelde werking.

Door die buiging verlaten boven- en onderbeen hunne vertikale houding en dit heeft gevolgen in heup- en enkelgewricht. De voorzijde van het heupgewricht zal daardoor ontspannen worden. Nog altijd valt, als in den gewonen stand, de zwaartelijn van romp, hoofd en armen, welke laatste wij ons nog los hangend denken, achter dit heupgewricht, vastgehouden door de spanning aan de voorzijde. Vermindert deze echter, dan zal de romp achterover kunnen vallen, het bekken achterover kunnen kantelen. Dit mag niet geschieden. Bij de kniebuiging, de zuivere althans, waar wij het voorloopig uitsluitend over willen hebben, moet de romp rechtop gedragen blijven. En dus zullen de spieren aan den voorkant, de vooroverkantelaars van het bekken, dit vast moeten houden. Onder die spieren valt echter ook de rectus femoris, zoodat deze zich voor de buiging in de knie moet ontspannen, maar dit, voor het heupgewricht niet mag doen. Door de buiging in de knie wordt deze spier gespannen, door de buiging in het heupgewricht weer ontspannen. Maar de eerste zal zeker de grootere factor zijn en daarom zal hij toch zijne contractie nalaten. Bovendien er zijn genoeg andere spieren, die het bekken voorover kunnen kantelen.

Wij hebben dus reeds gevonden eene ontspanning van den quadriceps, en eene contractie der bekken-vooroverkantelaars als iliacus enz.

§ 66. In het enkelgewricht verandert echter ook iets. Daar wordt nu de gastrocnemius ontspannen door de buiging in het kniegewricht. Toch moet de plantairflexie van den voet bewaard blijven en daartoe zijn dan aangewezen die spieren welke slechts over het enkelgewricht loopen, aan de achterzijde en waarvan de soleus, de voornaamste is. Maar de voet blijft staan in dezelfde houding, het onderbeen komt horizontaal en daardoor verandert de plantairflexie van den teenenstand langzamerhand in eene dorsaalflexie van de diepe kniebuiging, waartoe noodig is een langzaam toegeven van die spieren aan de zwaartekracht.

Wij vinden dus er nog bijkomende een langzaam ontspannen van de plantairflectoren. Maar ook hier zal de buiging in het kniegewricht eene grootere zijn als in het enkelgewricht, zoodat de gastrocnemius in zijn geheel ontspannen wordt, terwijl de andere plantairflectoren gespannen worden en ten slotte eene zekere remming geven.

Wij hebben de buiging tot stand laten komen door de zwaartekracht alleen. Of er ook spieren medewerken betwijfelen wij. Want voor het grootste deel bevinden deze zich in ongunstige omstandigheden. Voor de gastrocnemius hebben wij dit zooeven gezien. Zijne contractie zal wel eene buiging in het kniegewricht bewerken, maar daar tegenover een niet gewenschte strekking in het enkelgewricht. Evenzoo is het gesteld, met de andere kniebuigers, als semimembranosus, semitendinosus en biceps. Want deze zullen eene, eveneens niet gewenschte, achteroverkanteling van het bekken bewerken.

De zwaartekracht achten wij dus de eenig werkzame kracht. En het is juist de werking van de zoo evengenoemde spieren bij ongeoefenden, die de kniebuiging zoo zwaar en zoo moeilijk maken.

§ 67. De buiging kan nu zoover voortgezet worden, totdat de bovengenoemde remming in het enkelgewricht optreedt en totdat de weeke deelen aan de buigzijde van de knie met elkaar in aanraking komen. Zijn deze remmingen opgetreden, dan kan de kracht der toegevende spieren uitgeschakeld worden, een verder doorzakken is toch niet meer mogelijk.

Wil men echter niet zoover gaan, maar slechts eene halve kniebuiging maken dan moeten de strekspieren niet verder toegeven. En het is voldoende als alleen de strekspier van de knie zich contraheert. Nu is er geene verdere buiging meer mogelijk. De rectus femoris kan hierbij ook helpen, omdat er voldoende krachtige spieren zijn om het vooroverkantelen van het bekken tegen te houden. De gastrocnemius zou nu echter het vasthouden der buiging moeilijker maken. De soleus zal in het enkelgewricht een naar voor vallen moeten tegenhouden.

En het zijn ook weer dezelfde spieren, soleus met verdere strekspieren, quadriceps en glutaei, die door krachtiger contractie den stand weer doen aannemen.

Zonder vooruit te willen loopen op de bepaling van het zwaartepunt kunnen wij toch nu al wel zeggen, dat het, doordat de beenen meer naar voor komen, naar voor verplaatst zal worden. Om het toch weer boven het kleine ondersteuningsvlak te brengen, moet het achteruit.

Het metatarsophalangeaalgewricht, het enkelgewricht, het kniegewricht, hebben echter allen een eindstand bereikt, die niet dan ten koste van veel spierarbeid verlaten kan worden, zooals wij in het begin van deze paragraaf zagen. Het eenige mogelijke zal zijn eene draaiing in het heupgewricht. Als vanzelf wijken de knieën bij de buiging naar buiten en komt er eene abductie. Deze is te verklaren door den stand der voeten, die een naar voor open rechten hoek vormen. Daardoor maken de assen van de enkelgewrichten een hoek met elkaar, welke naar achter open is en de hier loodrecht op staande buigingsvlakken weer een naar voor openstaanden hoek. Het is in deze vlakken, dat de onderbeenen zich bewegen, en deze nemen de bovenbeenen mede, omdat in de knie geen ad- of abductie gemaakt kan worden. De heupgewrichten laten natuurlijk makkelijk de abductie toe, want de band van Bertin is toch ontspannen. Eene diepe kniebuiging met gesloten knieën is wel mogelijk, maar daarbij wijken de hielen van elkaar af. Willen wij ook deze gesloten houden, dan kost dit groote inspanning, omdat de verschillende gewrichten gewrongen worden, terwijl de voeten neiging hebben op den grond te draaien.

§ 68. De voorwaarde, dat de romp vertikaal moet blijven, kan eerst in vervulling gaan, wanneer de hoeken in de verschillende gewrichten elkaar compenseeren. Gaan wij uit van den gewonen stand, dan wordt, door de dorsaalflexie in het metatarsophalangeaalgewricht de romp naar voor gebracht om een hoek, die wij $+ T$ willen noemen. Deze is nog niet recht. Wij zouden hem willen schatten op 70^0. Hetzelfde

gebeurt door de dorsaalflexie in het enkelgewricht = + E. Deze is gering. Maar door de buiging in het kniegewricht wordt nu de romp naar achter gebracht, welken hoek wij willen noemen — K en welke haast 180^0 is. Terwijl eindelijk in het heupgewricht weer den romp naar voor wordt gebracht + H. En dan moet de romp weer denzelfden stand ingenomen hebben als in den gewonen stand, dus:

$$+T+E-K+H=0^0.$$
$$+T+E+H=K \qquad \text{of:}$$

De buiging in het kniegewricht is gelijk aan de som der buigingen in de drie andere gewrichten.

Bij het hurken blijft de voetzool in zijn geheel op den grond. De buiging in het metatarsophalangeaal-gewricht + T valt weg. De grens der dorsaalflexie van het enkelgewricht is spoedig bereikt. Deze is dan toch slechts 43^0 zoodat dan de formule geldt: $E+H=K$. De buiging in de knie kan dus veel minder ver voortgezet worden. Gaat deze toch verder, dan moet daardoor het heupgewricht verder naar achter komen en het lichaam zou omvallen, wanneer er niet in dit gewricht eene sterke buiging naar voor gemaakt wordt. En nu kan men, door de groote beweeglijkheid in het heupgewricht weer zoover doorzakken, totdat de weeke deelen in de knieholte elkaar raken. Het onderbeen staat nu niet als bij de kniebuiging bijna horizontaal (T + E naar voor van de vertikaal) maar schuin voor omhoog en is slechts om een hoek E gedraaid. Gaat dus de kniebuiging zoover mogelijk door dan zal het bovenbeen naar beneden achter hellen en wel om een hoek = T verder dan in de diepe kniebuiging.

§ 69. Ten slotte moge de vraag besproken worden, waar het zwaartepunt ligt bij de volbrachte diepe kniebuiging. Waar wij het bij andere houdingen slechts aangaven, willen wij het voor deze houding berekenen, om de methode aan de hand te doen, waarop het nu voor elke willekeurige houding te berekenen is en waarop wij het ook telkens berekend hebben, wanneer wij het aangaven.

Reeds Borellus in zijn „De motu animalum" van 1686 bepaalt het zwaartepunt van het lichaam, door dit op een plank te equilibreeren op een dunne ondersteuningslijn. Hij vond zoo het punt liggende „inter nates et pubin" tusschen billen en schaamstreek. De Gebr. Weber hebben (Mech. der menschlichen Gehwerkzeuge) eerst in 1836 de proef herhaald en bepaalden het nu bij een persoon te liggen 8,7 mM. *boven* het promotorium.

Te begrijpen is het dat het gezochte punt in het mediane vlak van het lichaam ligt, zij gaven nu aan, in welk horizontaal vlak het lag, maar waar het nu lag in de sagittale snijdingslijn van deze twee vlakken dat heeft eerst Meyer bepaald in 1853 (Die Mechanik des Kniegelenks Muller's archiv). Hij stelde het lichaam rechtop, liet het nu in het enkelgewricht zoo ver naar voor en naar achter kantelen, totdat het op het punt stond om te vallen. Daardoor was het zwaartepunt over het geheele ondersteuningsvlak bewogen.

Uit de horizontale verplaatsing in verband met de doorloopen hoek, was nu de ligging van het zwaartepunt in de uitgangshouding te vinden. Hij vond nu, dat de zwaartelijn 3 cM. voor de verbindingslijn der enkeltoppen en 5 cM. achter die der heupgewrichtsmiddelpunten lag. Het zwaartepunt lag volgens hem

in het lichaam van den tweeden heiligbeenswervel of even er boven in het kanaal.

Een geheel andere methode is echter ook gevolgd door Borellus, Meyer, maar het uitvoerigst door Harless (Abhandl. der K. Bayerischen Ac.) en later in zijn meergenoemd Lehrb. d. Plastischen Anatomie 1856. Het is de volgende: Het lichaam wordt verdeeld in een aantal onveranderlijke deelen. Van elk wordt bepaald: het gewicht en het zwaartepunt. En hieruit is dan de ligging te berekenen voor elke willekeurige houding van het lichaam.



Fig. 25.

Het is deze methode, die wij op de diepe kniebuiging willen toepassen. Het tabelletje daarvoor noodig laten wij hier volgen.

In de eerste getallenkolom staan de gewichten der lichaamsdeelen waarbij het gewicht van de hand = 1 aangenomen is.

In de tweede en derde kolom de afstanden van het zwaartepunt van elk deel tot respectievelijk de bovenste en onderste grens van het lichaamsdeel, uitgedrukt in duizendsten der totale lichaamslengte. Enkele getallen van Harless zijn veranderd. Eenige vereenvoudigingen zijn ingevoerd. Voor de beteekenis van bovenste en onderste romp zie § 56.

		B.	O.
Geheele lichaam	118,2		
Bovenste romp	42,7	101,5	136
Onderste romp	12,2	34,1	44,1
Geheele romp	54,9	139,3	176,4
Bovenbeen	13,2	121,6	138,4
Onderbeen	5,2	89,5	159
Voet	2,2	67,5	79,4
Geheele been	20,6		
Bovenarm	3,8	102,3	108,5
Onderarm	2,1	76	97,1
Hand	1	55,7	61,9
Geheele arm.	6,9	207,3	
Hoofd	8,4	44,6	105,4

§ 70. Wij nemen de houding zooals fig. 25 die aangeeft.

Hoofd met hals en romp zijn daarbij onveranderd gebleven. Berekenen wij eerst het gezamenlijke zwaartepunt van deze deelen. Het zwaartepunt van het hoofd ligt in de vertikaal door het atlas-hoofdgewricht. Hierdoor gaat ook de zwaartelijn van het lichaam en eveneens liggen in deze lijn met slechts kleine onnauw-

keurigheden in het sagittale vlak de zwaartepunten der rompdeelen. Op die zwaartelijn vinden wij dus van boven afgaande op een afstand van 44,6 het zwaartepunt van het hoofd, een gewicht van 8,4 vertegenwoordigende. Op 105,4 hier vandaan ligt de onderste grens van het hoofd en weer 101,5 verder het zwaartepunt van het borstgedeelte met een gewicht 42,7 en weer 136 + 34,1 verder het zwaartepunt van het bekkendeel met een gewicht 12,2. Wij krijgen dus deze krachten K, B en O, respectievelijk groot 8,4, 42,7 en 12,2 die van elkaar verwijderd zijn 206,9 en 170,1, telkens 1000ste deelen van de geheele lichaamslengte.

De resultante van B en O, is groot 54,9 en grijpt aan op $\frac{42,27}{54,9} \times$ 170,1 van af het zwaartepunt van het onderste deel, dat is op 132,3 van het zwaartepunt van het bekkengedeelte, dus op 37,8 van af het zwaartepunt van het borstgedeelte. Dit is het zwaartepunt van den romp.

Nu kunnen wij ook invoeren in de tabel bovenstaand de afstanden voor het zwaartepunt van den romp tot bovenste en onderste grens, welke Harless niet opgaf. Deze zijn 37,8 + 101,5 = 139,3 en 132,3 + 44,1 = 176,4.

Deze resultante moeten wij nu samenstellen met de kracht K. Ze is groot 8,4 + 54,9 = 63,3 en grijpt aan op $\frac{54,9}{63,3} \times \left\{105,4 + 101,5 + 37,8\right\} = \frac{54,9}{63,3}$ $\times$ 244,7 van af het zwaartepunt van het hoofd. Dit is op 282,1.

Het zwaartepunt van hoofd en romp ligt op 282,1 + 44,6 = 326,7 duizendste deelen van de lichaamslengte, van af den bovengrens van het hoofd, terwijl de kracht die daar aangrijpt = 63,3 (hand = 1).

Wij willen nu het zwaartepunt van den arm berekenen. De zwaartepunten van bovenarm B, onderarm O en hand H denken wij ons weer op een lijn.

Stellen wij eerst samen de gewichten van hand en onderarm. Hun gemeenschappelijk zwaartepunt ligt op $\frac{1}{3,1} \times 152,8$ van het zwaartepunt van den onderam $= 49,3$. En dit punt ligt $49,3 + 76 + 108,5 = 233,8$ van het zwaartepunt van den bovenarm. Het zwaartepunt van den geheelen arm ligt nu op $\frac{3,1}{6,9} \times 233,8$ van dit punt af $= 105$. De afstand tot het elleboogsgewricht is 108.

Het zwaartepunt van den geheelen arm ligt even boven het elleboogsgewricht en op een afstand $= 105 + 102,3 = 207,3$, vanaf het bovenste punt der extremiteit, welk getal wij eveneens in de tabel van Harless hebben ingevoerd.

§ 71. Deze berekeningen waren nog eenvoudig, omdat wij telkens een geheel deel als een rechte lijn konden opvatten. Dit kunnen wij echter niet meer doen bij het been. Wij moeten nu van de figuur uitgaan. Hier willen wij eene kleine onnauwkeurigheid begaan, welke ons echter enorm veel moeite bespaart. Wij willen namelijk den voet verwaarloozen. Dit is slechts een kleine onnauwkeurigheid, want het gewicht van den voet (2,1) is slechts $^1/_{59}$ van dat van het geheele lichaam. Maar bovendien valt de zwaartelijn er door heen, zoodat de fout die wij begaan slechts van invloed is op den loodrechten afstand van het geheele zwaartepunt tot den grond. Wij kunnen dan aan het einde altijd nog bedenken, dat het nu nog om eene kleinigheid naar beneden geplaatst moet worden. En het bespaard

ons veel moeite, want wij zouden nog moeten beginnen met het zwaartepunt te berekenen ten opzichte van het enkelgewricht, want dit is niet gegeven.

Dan hebben wij slechts te maken met bovenbeen met een gewicht van 13,2 en het onderbeen met een gewicht van 5,2, welke nu volgens de figuur 25 een hoek met elkaar maken van 30^0 (niet ten volle). Brengen wij dit in een figuur, dan vinden wij voor de verbindingslijn B O 68. (Hoe grooter wij de figuur maken des te nauwkeuriger.) Het zwaartepunt van het been ligt dan op $\frac{5,2}{18,4} \times 68$ vanaf het zwaartepunt van het bovenbeen = 19,2 en dus op 48,8 vanaf het zwaartepunt van het onderbeen. Maar wij willen weten hoe ver het afligt van het heupgewricht, dat is van de zwaartelijn van romp en hoofd, want deze zwaartelijn gaat ook door het heupgewricht. Daartoe construeeren wij weer eene nieuwe figuur, waarin het heupgewricht 121,6 afligt van het zwaartepunt van het bovenbeen en meten hierin de horizontale en de vertikale afstand van het gevonden zwaartepunt van het been tot het heupgewricht. Maar daarbij moeten wij wel bedenken, dat deze horizontale lijn een hoek van 45^0 maakt met de sagittale lijn. Die afstanden zijn 120 en 64,5.

Om echter het zwaartepunt straks samen te stellen met dat van de sagittale armen, moeten wij ook den sagittalen afstand van dit zwaartepunt tot de zwaartelijn van hoofd en romp weten. Om dezen te berekenen herinneren wij ons dat de beenen een hoek met elkaar maken van 90^0. Wij krijgen dus een rechthoekigen gelijkbeenigen driehoek, waarvan Z het gevraagde gezamenlijke zwaartepunt der beide beenen

is en waarvan de hypothenusa 120 is. De afstand HZ is dan $\sqrt{{}^1/_2 . 120^2} = 85$.

§ 72. Nu hebben wij het lichaam teruggebracht tot drie deelen, hoofd en romp, armen, beenen. Van elk kennen wij het gewicht en de ligging der zwaartepunten. Thans rest ons deze samen te stellen tot een geheel. Eene kleine correctie is echter nog noodig voor het zwaartepunt der armen. Dit vonden wij op 207,3 vanaf het bovenste punt der extremiteit. Dit ligt echter nog op eenigen afstand van de zwaartelijn van hoofd en romp. Dezen afstand in de figuur metende, vinden wij 6 cM., dat is, bij de lichaamslengte van den proefpersoon van 1,80 M. $^1/_{30}$ of 33,3 duizendste van de totale lengte. Dit getal kunnen wij gebruiken in onze berekeningen. Dan ligt dus het zwaartepunt van de armen op 207,3 + 33,3 = 240,6 vanaf de zwaartelijn van hoofd en romp.

Maken wij ten slotte onze eindberekening dan krijgen wij de volgende verhoudingen. Het zwaartepunt van den romp + hoofd ligt op 326,7 van het bovenste punt af. De armen grijpen aan, even beneden waar de hals eindigt, dat is op 180 van boven af. Van dit punt ligt het zwaartepunt der armen 240,6 naar voor toe (zie boven) en hier grijpt aan het gewicht der armen = 2 × 6,9 = 13,8.

Het heupgewricht valt samen met het onderste punt van den romp, dat 139 afligt van het zwaartepunt H R. Daar 64,5 onder ligt het zwaartepunt der beenen B op een afstand 120 naar voor toe met een gewicht van 41,2 (zijnde 2 × het geheele been). Stellen wij eerst samen de gewichten van romp en beenen, dan ligt hun

gemeenschappelijk zwaartepunt op $\frac{41,2}{104,5} \times 203,5 = 80,3$ op de vertikale zwaartelijn vanaf het zwaartepunt van den romp en naar voor toe op een afstand $\frac{41,2}{104,5} \times 120 = 47$. Nu moeten wij dit zwaartepunt waaraan een kracht grijpt groot 104,5, samenstellen met het zwaartepunt der armen. Het totaalzwaartepunt ligt dan op $\frac{13,8}{118,3} \times 227$ op de vertikale lijn vanaf het zwaartepunt van hoofd, romp en armen $= 26,5$. Dat is dus op $407 - 26,5 = 380,5$ duizendste deelen van het bovenste punt van het hoofd, dus bij een lengte van 1,75 M. *66,5 cM.* dat is ter hoogte van den navel en van den derden lendenwervel.

Ten slotte zouden wij nog kunnen berekenen hoe ver het naar voor ligt. Maar — er is evenwicht, dus ligt het in de vertikale lijn door het ondersteuningspunt. Om het toch zijn plaats in het lichaam aan te wijzen, willen wij deze berekening er bijvoegen. Op dezelfde manier krijgen wij $\frac{13,8}{118,3} \times 193,6 = 22,6$. Dus $22,6 + 47 = 69,6$ duizendste deelen naar voor toe van de zwaartelijn van hoofd en romp $= 12,25$ cM. bij een lengte van 1,75 M., dat is even achter den voorsten buikwand.

Bij het hurken, zoo diep mogelijk, zoodat de zitbeensknobbels op den grond komen en waarbij de armen om de beenen zijn heengeslagen om de buiging in heup- en kniegewricht zoo groot mogelijk te maken, ligt het zwaartepunt in het hartekuiltje nog even achter den voorsten buikwand. Is de buiging in knie en heup

niet zoo groot, dan komt het zwaartepunt even buiten het lichaam.

§ 73. In de houding der diepe kniebuiging kunnen wij nu armbewegingen maken. De rompbewegingen komen hier heel weinig voor.

Het zwaartepunt is in het lichaam hooger gekomen, hooger in verhouding althans boven het ondersteuningsvlak, zoodat daarom reeds de houding minder stabiel is. Maar verder is ook het ondersteuningsvlak zoo klein geworden en dan is elke remming in het heupgewricht weggevallen. Daartegenover staat dat de knie-, enkel- en teengewrichten naar eene richting toe vastgezet zijn, omdat de uiterste grens der bewegingsmogelijkheid bereikt is. Maar de houding is een zeer labiele.

Het makkelijkst is het heffen der armen voorwaarts, moeilijker reeds zijwaarts en het moeilijkst omhoog. Dat is licht te begrijpen, want het is juist naar voor dat de enkel- en teengewrichten vastgezet zijn. In het kniegewricht zou eene buiging van het lichaam naar voor gepaard moeten gaan met een verheffing van het zwaartepunt. Het is alleen het heupgewricht dat de buiging naar voor toelaat en daaromheen zijn sterke spieren, zoodat de neiging om naar voor om te vallen niet groot is en komt deze toch tot uiting, dan is het ten slotte een vooroververvallen in het heupgewricht en blijven de beenen onveranderd.

Maar naar achter kan het vallen in enkel- en teengewrichten, om van het heupgewricht niet te spreken. En de spieren om die gewrichten zijn niet zoo heel sterk en het gebeurt dan ook menigmaal, maar wordt

voor een deel voorkomen door het heffen der armen voorwaarts met de voorwaartsbeweging van het zwaartepunt. Bij het zijwaarts heffen gebeurt dit niet en gaat slechts het zwaartepunt omhoog.

Toch vallen de beginnelingen bij het armen hoog heffen dikwijls naar voor om. Ook dit is te begrijpen. Want zij weten, hoe weinig ze er aan kunnen doen als eenmaal de neiging bestaat achterover te vallen; vandaar dat zij dit in ieder geval wenschen te voorkomen, temeer, omdat dan de geheele houding weg is en zij brengen liever hun zwaartepunt naar voor, omdat zij dan toch nog eenigszins in diepe kniebuiging blijven en een vallen makkelijker kunnen verhinderen door het steunen der armen op knieën of grond.

§ 74. Vanuit de diepe kniebuiging is nu ook een been naar vóór, zij en zelfs naar achter te brengen. Bij het naar voor en zij brengen heerscht hetzelfde gevaar als bij de armbewegingen namelijk het naar achter omvallen, wat eenigszins tegen te gaan is door het strekken der armen naar voor. Deze houdingen kunnen op twee manieren vastgehouden worden.

Eerstens door het been dat in de gebogen houding blijft, nog zoo diep mogelijk gebogen te houden, zoodat er in dit been geen spierwerking meer noodig is, om het geheele lichaamsgewicht te dragen. Het andere been steunt niet, dient alleen als vergrooting van het steunvlak en de houding zou gemakkelijk zijn, als er niet eene grens was aan de abductie van het been, welke grens bereikt is en eveneens aan de extensie, wat pijnlijk gevoeld kan worden, hoe meer het lichaamsgewicht ook op dit gestrekte been drukt.

Maar ook is het mogelijk het gebogen been niet geheel te buigen, waardoor nu de abductiegrens niet bereikt wordt en de knie van het naar voor gestrekte been eveneens minder doorgedrukt zal worden, zoodat wat dit betreft deze houding makkelijker is, maar daartegenover staat de groote spierwerkzaamheid van het gebogen been, om dit, belast, in een bepaalden buigstand te houden, zoodat deze houding niet lang zal volgehouden kunnen worden.

Het achterwaarts brengen van het been overschrijdt de bewegingsmogelijkheid in het heupgewricht, zoodat er een groote kanteling van het bekken naar voor bij moet komen en als gevolg daarvan een sterke lendenlordose om toch den romp rechtop te houden, dus eene sterke werking der rugstrekkers. Bij de andere beenstellingen zal nauwelijks een bekkenkanteling noodig zijn, omdat daar de grens in het heupgewricht niet overschreden wordt. En eene bekkenkanteling wordt zoo lang mogelijk vermeden, want deze brengt direkt eene sterke werking der rugspieren mede.

Voor het tot stand komen van deze houdingen is altijd noodig een opheffen van het lichaam door de beide beenen of door het been, dat op zijn plaats blijft om het andere nu gelegenheid te geven zich te strekken.

§ 75. Van uit de houding der diepe kniebuiging door buiging der heupgewrichten en dalen der armen, kunnen de handen voor op den grond gezet worden die het makkelijkste staan als zij sagittaal gesteld zijn. Wordt nu door strekking der beenen het bekken opgeworpen, de romp in deze houding even gehouden door schouderspieren, o. a. de latissimus dorsi, en van dit oogenblik gebruik gemaakt om door de rugstrek-

kers, de glutaeï enz. de beenen achterwaarts uit te werpen, dan is bereikt de handen- en voetensteun. De houding van het lichaam is hierbij of geheel gestrekt, of boogvormig en wel naar boven concaaf door krachtige werking der rugstrekkers en beenachterwaartsheffers, of naar onder concaaf door de buikspieren en de beenvoorwaartsheffers.

De steun der voeten is op de plantair- of dorsaalzijde der teenen. Maar ook kan de steun verkregen worden door de knieën. In deze laatste houding is nu het armen buigen en strekken makkelijker dan wanneer de teenen steunen. Want van het lichaam als hefboom is het onderste punt het draaipunt, de macht is de strekkracht der armen en de last is het lichaamsgewicht (verminderd met de onderarmen) aangrijpende in het lichaamszwaartepunt. Steunen nu de knieën, dan wordt niet alleen het lichaamsgewicht verminderd met het gewicht der onderbeenen, maar ook de lastarm wordt kleiner en wel de lengte der onderbeenen, terwijl het iets hooger komt doordat de onderbeenen er af vallen. De machtarm wordt eveneens verminderd, maar in verhouding minder. En ten slotte is ook de hefhoogte minder geworden.

Hetzelfde geldt natuurlijk voor handen- en voetensteun op de brug.

Zie hier nog de berekening: steunen de voeten dan geldt de vergelijking

$$L \times VZ = M \times VS.$$

$$M = \frac{L \times VZ}{VS.}$$

steunen de knieën dan:

$$L_1 \times KZ_1 = M_1 \times KS.$$

$$M_1 = \frac{L_1 \times KZ_1}{KS.}$$

$L_1 < L$, $KZ_1 <$ en wel ongeveer $^1/_2$ VZ, KS $<$ en wel $^1/_{10}$ VS, omdat het gewicht der onderbeenen zich verhoudt tot het gewicht van het geheele lichaam-onderarmen als 1 : 12, zoodat dus van het lichaam-onderbeenen het zwaartepunt $^1/_{12}$ van de geheele lichaamslengte naar boven gaat. KS is echter niet de geheele lichaamslengte (hoofd en hals is er niet bij) dus zal dit zoowat $^1/_{10}$ van deze lengte zijn. Zoodat dus deze getallen invoerende $M_1 < M$ zal behoeven te zijn om toch eene heffing te verkrijgen.

Wij kunnen verder in handen- en voetensteun eene draaiing maken om de lengteas van het lichaam en dan een hand den grond doen verlaten. Voordat dit laatste gebeurt, moet natuurlijk eerst het zwaartepunt van het lichaam gebracht worden boven het nieuwe ondersteuningsvlak, het lange smalle vlak begrensd door een hand en een of twee voeten. Dit zijwaartsbrengen geschiedt door het schuiven van het bekken in deze richting door de abductoren van het rechterbeen en de adductoren van het linkerbeen o. a., wanneer het bekken naar links bewogen moet worden. Dan kan een hand den grond verlaten. Ook wel iets eerder, maar dan moet deze arm, door zich krachtig te strekken, mede helpen met het brengen van het zwaartepunt boven het nieuwe ondersteuningsvlak. Werken nu die spieren, welke in den gewonen afstand den arm achterwaarts brengen, trapezius, infraspinatus, rhomboideus, latissimus dorsi, dan komt hierdoor eene draaiing van het lichaam tot stand.

Bij de handen- en voetensteun ruglings, met den rug naar den grond gekeerd, wordt de grens bereikt van het armen achterwaarts brengen, wanneer althans de romp opgeheven wordt tot een gestrekte houding. Dat hierbij de hielen steunen, alle strekspieren in werking zijn behoeft geen betoog.

Voor het van achter naar voor brengen van het lichaam, tusschen de handen door is het noodig, dat de lengte der armen tot aan de polsgewrichten net zoo groot of iets grooter is, dan het opgevouwen lichaam. Het is dus gewenscht het lichaam zoo hoog mogelijk op te trekken, en verder het zoo veel mogelijk op te vouwen.

C. *Knielen.*

§ 77. Het knielen kan op zeer veel verschillende manieren geschieden. Beschouwen wij eerst het knielen op twee knieën. Tot dezen stand kunnen wij geraken door eerst op een knie te knielen en dan ook de andere knie op den grond te zetten, wij kunnen echter ook direkt op beide knieën neerkomen. Daartoe maken wij eene diepe kniebuiging, zoo diep mogelijk. Dan komt het oogenblik om de beide knieën op den grond te zetten, wat gebeuren moet door een vooroverkantelen in een der beide gewrichten, enkel- of teengewricht, onder de knie gelegen. Maar deze zijn juist in deze richting in hunne extreemste houding vastgezet, en daar kan dus het vooroverkantelen niet in geschieden. Het gebeurt in het steunpunt van den teen op den grond, zoodat de zoolvlakte der teenen den grond verlaat. Daaromheen draait het lichaam, waarvan het zwaartepunt door buiging in de heupgewrichten naar voor gebracht is. Het valt en komt op de knieën terecht. Het ondersteuningsvlak is nu een vierhoek en zeer groot, de teen-, enkel- en kniegewrichten zijn nog vastgezet, kunnen althans vastgezet zijn, zoodat deze houding eene zeer vaste is en ook eene zeer

gemakkelijke. Het onderbeen met den voet vormen nu een boog, die het lichaam draagt. Het bovenliggende deel kan zich nu op verschillende manieren gedragen. In de eerste plaats kan de knie zijne extreme buigstelling behouden, zoodat dan onderbeen en bovenbeen op elkaar rusten. En nu kan hierop de romp elke willekeurige houding aannemen, als maar aan de voorwaarde voldaan wordt, dat zijn zwaartepunt boven het ondersteuningsvlak blijft, eene makkelijke voorwaarde. Naar voor kan zoover gebogen worden, dat de borstkas op het bovenbeen rust. Ook hiervoor is dan geen spierwerking meer noodig. Maar aangenaam zal deze houding, door het gerekt worden der spieren en het belemmeren der ademhaling niet zijn. Het is dezelfde houding als wij bij het hurken beschreven, maar hier is het lichaam ruim 90^0 naar voor gedraaid.

Elke andere houding van knie en heup moet gepaard gaan met spierwerking. En nu is natuurlijk elke buigingshoek van de knie te combineeren met elken buigingshoek in het heupgewricht, zoodat de romp elke mogelijke stelling kan aannemen en zelf ook nog van vorm kan veranderen. Een vastzetten van het heupgewricht door de banden, zal nooit bereikt worden, want daartoe zou de romp ver achterover moeten buigen, verder dan de rectus femoris dit toelaat.

Het lichaam valt niet achterover al valt ook de zwaartelijn van den romp achter het ondersteuningsvlak, want de romp wordt vastgehouden door de rectus femoris, zoodat hier voor het omvallen, het zwaartepunt van het geheele lichaam in aanmerking komt.

§ 78. Maar ook is mogelijk het knielen op een

been. Dan wordt één been voor of achter geplaatst en er wordt doorgebogen, in heup- en kniegewricht van het voorste been en in knie- en enkelgewricht van het achterste been, zoodanig dat telkens de som der buigingen in elk der beenen = o. Want dan blijft het bovenbeen van het achterste been vertikaal en evenzoo de romp, terwijl de voorste voet plat op den grond blijft. Ook nu is het ondersteuningsvlak groot, een vierhoek of afgeknotten driehoek.

En ook nu weer zijn verschillende houdingen aan te nemen. De voorste voet kan meer of minder ver naar voor geplaatst zijn, het kniegewricht van het knielende been min of meer gebogen, totdat ten slotte bij de buiging naar achter toe de zitbeensknobbel rust op den hiel, de houding bij het schieten, of totdat naar voor toe de zwaartelijn (van het geheele lichaam) het ondersteuningsvlak gaat verlaten, de houding bij den voetval, waarbij ook nog de romp voorover gebogen wordt. Dat deze knielhouding tot stand komt door het langzaam toegeven der strekspieren is duidelijk. Evenzoo, dat er weinig spieren noodig zijn om deze houding te bewaren.

Ten slotte kan deze houding ook bereikt worden door het achterwaarts heffen van een been en het langzaam doorzakken in het andere been, waarbij de knie zacht op den grond gezet wordt, wat natuurlijk een groote inspanning der strekspieren is. Evenzoo kan ook zoo opgestaan worden door n.m. eerst het zwaartepunt boven het strekkende been te brengen en dit dan te strekken. Maar ook kan opgestaan worden door strekking in beide beenen van de gebogen gewrichten.

Het opstaan uit de knielhouding op beide knieën

kan nog op eene bijzondere manier geschieden, n.m. een manier die geheel identiek is met het tot stand komen der teenenstand. Eerst wordt n.m. zoover mogelijk achterover gebogen, totdat de zwaartelijn valt in het achterste steunpunt en nu, terwijl het gewicht van den romp trekt door de rectus aan de knie, deze als het ware opgetrokken en de strekking van het been kan volgen.

Het zwaartepunt van de verschillende knielhoudingen kunnen wij, uithoofde hunner menigvuldigheid niet opgeven.

Meyer geeft het aan voor twee houdingen (Die Wechselnde Lage des Schwerpunktes). De eene houding, knielen op een been, heeft de armen langs het lichaam, de wervelkolom is zoo sterk mogelijk naar achter gebogen, zonder dat de halswervelkolom mededoet. Dan ligt het zwaartepunt in het wervelkanaal achter den 2de—3de lendenwervel. (In de figuur die Meyer geeft lijkt mij echter het bekken te veel naar voor gekanteld.) Het zwaartepunt is dan ondersteund door de knie op den grond.

De andere houding heeft sterk voorovergebogen wervelkolom, weer zonder de halskolom, de armen zijn naar voor licht gebogen. Nu ligt het zwaartepunt in het horizontale bovenbeen, even achter het midden en onder den bovenrand.

D. *Uitval.*

§ 79. Ook de uitval kan weer op zeer veel verschillende manieren tot stand komen. Niet alleen kan de richting, waarin de uitval gemaakt wordt, veranderen

maar ook is er verschil in het opheffen van het been. Dit kan opgeheven worden in de richting waarin de uitval gemaakt wordt, maar ook kan het opgeheven worden met den voet in een bepaalde richting, waarop vervolgens de uitval in een andere richting gebeurt; zoodat op deze manier er altijd eene draaiing bij moet komen. Zoo moeten wel altijd de uitvallen achterwaarts gemaakt worden. Verder kunnen wij den uitval in een of twee bewegingen maken, wat echter slechts een verschil is in de snelheid, waarmede wij de benoodigde bewegingen op elkaar laten volgen. Want, bij alle uitvallen moet het volgende gebeuren:

Het been waarmede de uitval gemaakt wordt, wordt opgeheven. Nu valt, door het gewicht van dit geheven been, maar nog meer door samentrekken der spieren om het enkelgewricht, het lichaam naar de zijde van het geheven been om. Minder mooi is het, dit omvallen te bereiken door buiging in heupgewricht of kolom. Nu vangen wij ons op door het geheven been dat, òf reeds eerder, òf op het allerlaatste oogenblik, gebogen wordt, en dat al of niet door de heupstrekkers op den grond geplaatst wordt. Over dit opvangen meer bij het springen.

Het is niet alleen het gewicht van het been dat ons om doet vallen. Want ware dit zoo, dan zouden wij slechts in de richting van het geheven been kunnen vallen. Nu kan het gebeuren, dat de spieren om het enkelgewricht niet in de juiste richting werken, zoodat wij dan het gevaar van opzij omvallen loopen.

Wij kunnen echter ook het been in eene richting heffen en vervolgens de uitval in eene andere laten volgen, b.v.: het been wordt voorwaarts geheven en

nu wordt een uitval schuins rechts achterwaarts gemaakt. Er komt dan eene draaiing om het standbeen, eene zuivere draaiing zonder meer is het niet. Want het been wordt geslingerd van voor naar achter en reeds door die slingering krijgt het bekken eene draaiing, doordat dit been het medetrekt. Is deze draaiing nog niet voldoende, dan wordt de rest gedaan door naar buiten draaien van het standbeen, dat echter vastgezet is op den grond, waardoor dus het bekken bewogen wordt. Door de slingering van het been naar achter wordt de voorvoet van het standbeen opgelicht, waarna de draaiing op den hiel gebeurt. Het stoppen der draaiing wordt verkregen door het been op den grond te plaatsen daar, waar het gewenscht is.

Wordt de bovenbeschreven slingering niet gemaakt, dan is de draaiing alleen door de rotatoren veel moeilijker. In aanmerking komen dan de naar buiten draaiers en afvoerders van beide beenen.

Voor de bewegingen in het enkelgewricht komen in aanmerking de tibialis anticus, die het been naar mediaal en voor doet overhellen, de peroneï naar de laterale kant en achter de tibialis posticus weer naar mediaal en achter.

Het opkomen geschiedt door krachtige strekking van het gebogen been met afstooten van den voorvoet tegen den grond. De spieren van het standbeen houden dit gestrekt, terwijl zijn spieren om het enkelgewricht het onderbeen weer naar den gewonen stand brengen.

§ 80. De uitval bij het schermen verdient nog eene aparte bespreking. Het komt er hier opaan de uitval zoo snel mogelijk te verrichten. Dit wordt bereikt

1e door alles van de spiercontractie te doen afhangen, 2e die spieren reeds van te voren in een gespannen samengetrokken toestand te brengen, 3e het voorste been zeer beweeglijk te houden. Dit alles wordt verkregen door uit te gaan van de gevechtsstelling waarbij het achterste been gebogen is en zoo wordt gehouden door de in contractie zijnde, uitgerekte strekspieren en waarbij het geheele lichaamsgewicht rust op dit achterste been, zoodat het voorste vrij is. Er is nu slechts eene krachtige samentrekking noodig van de strekspieren van dit achterste been, om het voorste been met den voet vlak langs den grond naar voor te brengen zoover als eenigszins mogelijk is. Dat is als het achterste been geheel gestrekt is. De voorste voet kan nu nog wel verder, maar dat heeft voor den afstand, die te bereiken is, geen nut meer en het is zelfs nadeelig voor het terugkomen tot de stelling. Want dit moet gebeuren door de strekspieren van dit voorste been, die nu beter kunnen werken als zij wat uitgerekt zijn, zooals dat in de voorgeschreven uitval, voorste knie loodrecht boven de teenen, het geval is. Bovendien is nu het gevaar voor uitglijden minder.

Wel kan men nog meer naar voor reiken als de arm gestrekt wordt en de romp voorovergebogen wordt. Het helaas verouderde achteruitslingeren van den vooraf als een zwanenhals gebogen achtersten arm, had tot doel de voorwaartsslingering van het lichaam te hulp te komen. Direkt na den uitval dient het terugkeeren te volgen.

Over den spreidstand zie bij het springen.

HOOFDSTUK IV.

Gaan. Loopen. Springen. Trekken. Duwen.

A. *Over de voortbeweging in het algemeen.*

§ 80. Hierover behoeven wij niet veel uit te weiden, want verschillende vraagstukken op dit gebied hebben voor ons geen praktisch belang. Zoo behoeven wij geen onderscheid te maken tusschen de voortbeweging in een medium (water, lucht) en die op de grens van twee media den bodem en de lucht, want wij houden ons alleen met de tweede op. En ook dit vraagstuk kunnen wij vereenvoudigen, want van die twee media hebben wij in onze beschouwingen bijna uitsluitend met den grond te maken en kunnen wij de lucht meestal negeeren. Evenzoo laten wij de passieve voortbeweging als die door trilharen, stroomingen enz. ter zijde.

Dat bij eene dergelijke voortbeweging inwendige krachten onvoldoende zijn, ter verplaatsing van het lichaam ten opzichte zijner omgeving, hebben wij in vorige paragrafen reeds meermalen besproken.

Wij hebben dan in ons geval met de volgende krachten te maken:

1°. De zwaartekracht. Het is n.m. niet alleen de

vraag of wij deze gebruiken ten dienste der voortbeweging, maar ook of wij er rekening mede te houden hebben.

2°. De stevigheid van het lichaam, die maakt, dat het door de zwaartekracht niet in elkaar zinkt.

3°. De weerstand van den bodem, niet alleen als verticale tegen de werking der zwaartekracht, maar ook als horizontale weerstand optredende tegen elke intredende verplaatsing of verschuiving.

4°. De spierkracht, de levende kracht geleverd door het zich voortbewegende organisme. Deze kan op twee manieren optreden en wel als trekkende of als duwende kracht.

Om de spierkracht als trekkende kracht te gebruiken, is het noodig eerst een lichaamsdeel vooruit te brengen in de richting der gewenschte verplaatsing en het zich dan te doen samentrekken. Maar dan moet het lichaamsdeel daar vooraan een weerstand ontmoeten, waar het zich nu aan vast kan hechten. En eene zoodanige zal slechts zelden gevonden worden. Wel b. v. bij het klimmen waar een arm of beide, omhoog gebracht wordt, zich daar vasthecht en zich nu verkort. Maar hoogst zelden zal dit het geval kunnen zijn bij de horizontale verplaatsing (kruipen) en nooit bij het gaan of loopen.

§ 82. Wij hebben dus altijd met duwende krachten te maken, met duwende krachten welke echter zeer spoedig tot het einde hunner werkmogelijkheid gekomen zijn. En dan moet het lichaam toch vooruit. Er zal dus een telkens weer beginnen van die krachten moeten zijn maar telkens in een gunstiger positie. En dat kan op twee manieren bereikt worden, althans

voor den mensch. De eene manier is, die voortstuwende krachten afwisselend te laten werken en rusten terwijl nu in den rusttijd eene gunstigere positie ingenomen wordt, zooals dit bij den herhaalden sprong gebeurt. De andere manier is: gebruik te maken van de veelheid der voortstuwende krachten en de eene helft te laten werken, terwijl de andere de betere positie inneemt. Op deze manier zal eene gelijkmatiger voortbeweging verkregen worden. Het is ook zóó, dat het gaan en het loopen plaats vinden.

Er is weleens beweerd (zie J. Wimmer, Ztschr. f. österr. Ingenieur u. Archit. vereines 1903) dat er bij de voortbeweging gebruik gemaakt werd van de zwaartekracht. Zooals wij in de volgende paragrafen zullen zien, is dit echter onjuist. Het tegendeel is waar. Wij moeten steeds zorgen, dat de zwaartekracht niet dan in zeer geringe mate kan werken.

Het principe waarop de voortbeweging geschiedt is nu het volgende.

Het lichaam is in rust, de zwaartekracht en de opstuwende kracht maken evenwicht. De horizontale weerstand der grond bestaat niet, want er is geen neiging tot voortbeweging en ook de spierkracht werkt niet. Deze laatste gaat nu werken; natuurlijk, want de drang tot beweging komt in het lichaam zelf op.

En deze duwt nu, in verbinding met den nu opgewekten horizontalen weerstand van den grond het lichaam uit zijn evenwichtsstand, zoodat de ondersteunende krachten niet meer kunnen werken. Het lichaam wordt voortgeduwd, maar tegelijkertijd valt het en om dit tegen te houden moeten de extremiteiten anders geplaatst worden. Daartoe kan nu bij den mensch een,

bij viervoetigen of zespootigen kunnen meer extremiteiten dienen. Deze zijn dan onbruikbaar voor de voortbeweging. Maar dit is nu opgedragen aan de andere extremiteiten, totdat zij gekomen zijn aan het einde van hun prestatie. Nu zijn ze ongeschikt geworden voor de voortbeweging en moeten ze al of niet steunende eene betere positie in gaan nemen.

§ 83. Er komt dus telkens eene verstoring van het evenwicht. Dat evenwicht nu is bij de verschillende dieren meestentijds labiel, enkele zeer weinige, welke zich hangende voortbewegen uitgesloten. Maar het aantal ondersteuningspunten wisselt, dat kan 2, 4, 6 zelfs 8 of meer zijn, de kangoeroe's met hun staart en enkele andere uitgezonderd. Die getallen gelden voor den gewonen stand. Is er echter eene wisselwerking der extremiteiten zooals wij dat in de vorige paragraaf beschreven, dan is telkens het aantal ondersteuningspunten 1, 2, 3 of 4, dat wil zeggen, grofweg, een ondersteuning door een punt, een lijn of een vlak, dus zeer verschillend stevig, zoodat ook de benoodigde kracht ter verstoring van dit evenwicht zeer verschillend groot zal zijn.

Bij den rechtopgaanden mensch zeer gering, wordt deze kracht iets grooter bij de viervoetigen, maar is zeer groot bij de zes- en achtpootige insecten. Deze laatsten zijn dus, wat hun benoodigde kracht betreft, in zeer ongunstige voorwaarden.

Oppervlakkig beschouwd zou men kunnen meenen, dat de daartoe benoodigde kracht te groot zou worden voor de toch al zeer kleine spieren, maar juist het omgekeerde is het geval. Want de kracht der spieren

hangt, afgezien van hunne qualiteit, zooals wij die bijvoorbeeld reeds kennen in roode en witte spieren, af van de dwarsche doorsnede, die nu aangeeft het aantal fibrillen. Dit is dus een getal, dat afhangt van een vlaktemaat, een getal in de tweede macht. Maar het lichaamsgewicht neemt grosso modo af met den inhoud van het lichaam, wat dus is een getal in de derde macht. Gaan wij dus van de grootere tot de kleinere dieren, om eindelijk bij de insecten te komen, dan is dus hun lichaamsgewicht veel sterker verminderd dan hun spierkracht. Vandaar dan ook de enorme sprongen, die een vloo, in vergelijking met zijne lichaamslengte maken kan.

Zijn die dieren al in een ongunstiger conditie wat betreft hun benoodigde kracht ter verplaatsing, in veel gunstiger verhoudingen bevinden ze zich wat aangaat het bewaren van het evenwicht. Dit is echter minder een kwestie van spierkracht, dan wel van zenuwwerking, zoodat deze bij de viervoetigen weer grooter moet zijn en zeer groot bij den mensch, wat echter voor hem met zijn hoog ontwikkeld zenuwstelsel geen bezwaar oplevert.

Zie uitvoeriger over deze verhoudingen: „Mechanik der Entwicklung der tierischen Lebewesen" van J. Wimmer, 1905, en „Maandschrift voor Heilgymnastiek", 1905 N°. 1. Bewerking van bovengenoemde stukken, waarin echter nog beweerd wordt, dat van de zwaartekracht gebruik gemaakt wordt bij de voortbeweging.

B. *Over het Gaan.*

§ 84. Het gaan is die wijze van voortbeweging, waarbij het lichaam afwisselend gedragen wordt door een of door twee beenen. Wij willen eerst de bewe-

gingen der beenen beschouwen, om daarna het lichaam in zijn geheel te bespreken.

Wij gaan daartoe uit van den schredestand, het rechterbeen is het voorste, staat met den vollen zool op den grond, het is gestrekt en draagt het lichaam; het linkerbeen is achterwaarts geplaatst, gestrekt, en slechts met de teenen op den grond, op het oogenblik van zich los te maken.

Dit been maakt zich nu los van den bodem en wel door de volgende oorzaken. Het been is opgehangen aan den romp en deze heeft, bij het gaan althans, een voortgaande beweging. Van den driehoek, welke gevormd wordt door grond, als basis, het standbeen en het achterste been, het „slingerbeen" wordt de top nu vrijwel horizontaal voortbewogen. Het achterste been heeft zijne uiterste strekking bereikt in knie- en enkelgewricht, kan zich dus niet meer verlengen en zal dus den bodem moeten verlaten. Nu is het vrij gekomen en gedraagt zich als een slinger, beweeglijk als het is in het heupgewricht.

Er is echter nog een oorzaak, waardoor het been vrij komt. Dat is nl. zijne verkorting. Deze is noodzakelijk, want het achterste been is langer dan het voorste standbeen. Wil het dus hier voorbij kunnen slingeren, dan kan dit niet anders gebeuren dan na eene verkorting. Het standbeen is, volgens de metingen van de gebroeders Weber $^{9}/_{11}$ van de lengte, die het kan hebben en die het achterste been wel heeft. Zoo ver moet het zich verkorten, maar bovendien stijgt de voet nog tot $^{1}/_{9}$ van de beenlengte boven den grond. Zoodra deze verkorting begint, zal het been den grond verlaten.

En nu slingert het naar voor. Dit slingeren nu gebeurt, althans bij het langzame gaan zonder spierwerking. Dit geeft dus eene groote besparing van arbeid, waardoor het gaan dan ook zoo lang volgehouden kan worden, zonder vermoeienis in de beenen. Deze treedt veel eerder ergens anders op zooals wij zien zullen. Voor dat slingeren zonder spierwerking pleit dat de slingertijd overeenkomt met de lengte van het slingerende been, wat ook waar te nemen is want lange menschen hebben een langeren slingertijd en dus ook langzamere passen dan korte (zie § 32 Mech. Inl.)

Zoo eenvoudig, als het hier wordt voorgesteld, is het wel niet, want de lengte van dit been blijft, zooals wij net zagen niet gelijk. Het zijn de metingen van de Gebr. Weber, waarvan de juistheid bestreden wordt o. a. door Carlett en Duchenne.

Verder is ook de groote gelijkmatigheid, waarmede het gaan gebeurt, een bewijs voor het slingeren zonder spierwerking, want deze zou wel niet zoo bestaan, wanneer de slingering door spierwerking tot stand kwam.

§ 85. Is het been nu naar voor geslingerd, dan komt weer het oogenblik, dat het neergezet zal worden. Ook dit gebeurt door twee oorzaken, het tegengestelde van hetgeen wij in de vorige paragraaf zagen gebeuren, dat is: het heupgewricht is weer naar voor gebracht, zal gaan dalen, en tevens wordt het been nu *gestrekt* in de knie, maar er komt eene dorsaalflexie in het enkelgewricht, zoodat de hiel het eerst op den grond gezet wordt.

Dit is dus het stadium gedurende welke het lichaam

gedragen wordt door een been en het andere been slingert. Nu begint het 2e stadium, dat van de ondersteuning door twee beenen.

Gedurende dit stadium hebben wij van het slingerbeen de volgende bewegingen gezien:

1°. die, welke het meemaakt met den romp door zijn aanhechtingspunt, een zuiver voorwaartsche, aan het einde eene daling;

2°. de slingerbeweging om zijn ophangpunt;

3°. de verkorting door buiging, als het van den grond wordt opgelicht om te kunnen slingeren;

4°. de strekking, als het vóór is gekomen om den grond weer te kunnen bereiken.

§ 86. De hiel van het voorste been ligt nu voor de vertikale lijn uit zijn dijbeenshoofd neergelaten, dat wil zeggen: dat het in staat is, noch om te steunen noch om voor de voortschuiving te zorgen. Beide verrichtingen zijn dus nog opgedragen aan het achterste been, dat steunen kan, als het dijbeenshoofd loodrecht boven den voetzool staat en duwen kan als het dijbeenshoofd naar voor ligt. Het voorste been kan nu alleen eene zekere richting geven aan de voortbeweging. Wanneer het bleef, zooals het aankomt, nl. ten volle gestrekt, dan zou de romp een boog moeten beschrijven met dit been als straal en den hiel als voetpunt, de romp zou moeten stijgen, om straks weer te dalen, zoodat dit eene groote hoeveelheid arbeid zou kosten. Nu is er wel eene vertikale beweging van den romp, maar deze is zeer gering, zooals wij straks zullen zien. en juist andersom. Wil dit dus vermeden worden, dan moet dit been zich buigen en dat doet het, totdat het

in staat is te dragen, d. w. z.: totdat zijn dijbeenshoofd loodrecht boven den hiel is gekomen.

Deze taak is opgedragen aan het achterste been, dat zich daarvan kwijt door zich te strekken in knie en enkelgewricht. Het staat, op het oogenblik, dat het slingerende been op den grond gezet wordt, reeds eenigszins naar voor hellende, zoodat het eenvoudig door zich te strekken het bekken naar voor schuift, wat, dank zij de buiging van dit voorste been, vrijwel horizontaal gebeurt. Maar ook door dat vooroverhellen kan zich nu de hiel van den grond verwijderen, de plantairflexie, het afwikkelen van den voet. Dit heeft nog eene grootere beteekenis dan het eenvoudig strekken, want daardoor wordt het voetpunt van de strekkende extremiteit, dat eerst in het enkelgewricht lag (de hiel is een minder juiste bepaling) naar voor gebracht tot in de middenvoetsteengewrichten waardoor dus de paslengte met de voetzoollengte vermeerderd wordt, zonder dat de wrijving ook maar iets toeneemt. De voet gedraagt zich hierbij als een deel van een rad, dat voortrolt over den grond.

Zoo komt het dijbeenshoofd van het voorste been boven zijn ondersteuningsvlak, dat wil zeggen: boven den achtersten rand van dit vlak, de hiel. Want nu reeds kan het voorste been steunen en blijft dit doen, tot dat zijn dijbeenshoofd loodrecht boven den voorsten rand, de teenen ligt.

Nu is dus het achterste been langzamerhand geheel gestrekt. Als duwende kracht kan het dus geen nut meer verrichten, als steunend deel is het niet meer noodig, thans moet het en kan het, om weer deel te nemen aan de voortbeweging, in eene gunstiger positie

gebracht worden, thans begint de voorwaarts-slingering, zooals wij die in de vorige paragraaf beschreven.

Dit is geweest het stadium gedurende welke beide beenen steunen.

Ondertusschen heeft het achterste been de volgende bewegingen doorgemaakt:

1°. Eene strekking om den romp naar voor te brengen;

2°. de afwikkeling van den voet;

3°. de bijna horizontale voortbeweging van het dijbeenshoofd door de strekking van het achterste been als stuwkracht en de buiging van het voorste been als reguleerende kracht.

En maakt het voorste been de volgende bewegingen.

1°. Eene buiging zie 3e beweging van het achterste been;

2°. eene draaiing om het enkelgewricht;

3°. de strekking om te steunen tijdens het laatste deel der periode.

§ 87. Nu wij dus de beweging van de beenen gezien hebben, willen wij beschouwen hoe zich daarop de romp gedraagt, waarbij wij het natuurlijk hebben over een punt van den romp bijvoorbeeld het os pubis. Dit maakt zooals wij reeds zagen vertikale schommelingen en horizontale. Wij willen het eerst over de vertikale hebben. Dit punt bevindt zich het laagst op het oogenblik, dat het achterste been geheel gestrekt is en dus het meest naar voor helt, dat is dus als het lichaamsgewicht op den voorsten voet wordt overgedragen. Het hoogste punt is bereikt op het midden van den tijd, gedurende welke een voet op den grond staat.

Vanaf dit oogenblik gaat het naar voor vallen, bereikt zijn diepste punt om door de strekking van het achterste been weer opgevoerd te worden. Wij kunnen de lijn, die het beschouwde punt beschrijft gedurende een pas, dus twee paslengten, verdeelen in drie deelen. Als middelste stuk geldt dat stuk hetwelk beschreven wordt boven den voetzool van het ondersteunende been. Dit begint dus, zoodra het dijbeenshoofd boven den hiel is gekomen en eindigt, wanneer het vertikaal boven het voorste eindpunt is, in casu het metatarso-phalangeaalgewricht, het stadium dus, gedurende welke het lichaam door een been ondersteund wordt, terwijl het andere slingert.

Deze „hoofdboog" is dus zoolang als de voet zonder teenen en een deel van een boog met het enkelgewricht als middelpunt.

Daarachter bevindt zich de boog, die beschreven wordt door het dijbeenshoofd, voordat het boven den hiel komt en dus het lichaam nog opgeduwd wordt door den zich afwikkelenden voet. Daarom heet deze boog de duwboog of achterste bijboog, een niet zuiveren cirkelboog, omdat het voorste been zich tegelijk iets buigt. Deze boog eindigt, zoodra het achterste been geheel gestrekt is en ontbreekt o. a. bij platvoetlijders, welke den voet naar buiten draaien en haar nu opeens geheel van den grond heffen waardoor de gang iets eigenaardigs onelastisch krijgt.

En aan den voorkant van den hoofdboog sluit zich aan de voorste bijboog of valboog. Want nu valt de vertikale lijn uit het dijbeenshoofd voor de teenen en het lichaam gaat vallen. De straal van dezen boog is het gestrekte been, dat echter nog langer wordt door

het afwikkelen van den voet. Het middelpunt is dus ook niet zuiver aan te geven.

De vertikale beweging is gemeten door Weber, later nauwkeuriger door Garlett. De eerste vond er voor 32 mM. de laatste slechts 14 mM. maar dit getal komt mij, gezien de veel nauwkeuriger methode, geloofwaardiger voor.

§ 88. Maar ook horizontale bewegingen maakt het lichaam, want de last wordt telkens gedragen door een been. En al valt nu niet telkens de zwaartelijn in den ondersteunenden voet het wordt er toch telkens naar toe gebracht.

Deze horizontale zijn echter in aantal de helft van de vertikale schommelingen. Want als bijvoorbeeld de rechtervoet voor is bevindt zich het os pubis, zoover mogelijk naar rechts en tevens, zie vorige paragraaf zoo hoog mogelijk. Terwijl nu het linkerbeen naar voor wordt gebracht daalt dit punt tot zijn laagsten stand, stijgt weer om tegelijkertijd naar links te gaan. In den tijd dat het dus van rechts naar links gaat, gaat het tevens van hoog naar laag en weer naar hoog dus 2 bewegingen vertikaal tegenover een horizontaal,

De horizontale schommelingen zijn grooter en wel 1,5 cM. naar weerszijden, dus 3 cM. in het geheel, wat dus merkwaardig kleine getallen zijn, in vergelijking met lichaamslengte enz.

Als derde beweging van het punt komt natuurlijk de beweging waar het om te doen is, het voorwaartsschuiven. Dit geeft natuurlijk een veel grooter getal, bijvoorbeeld 75 cM. op eene pas.

Over de hellingen van den romp zie § 90.

§ 89. Tot nu toe beschouwden wij van het lichaam in gang niet meer dan de beenen en het bekken. Maar de hooger gelegen deelen blijven niet zuiver passief. Eerstens de wervelkolom, met name de lendenkolom.

Het achterste been bevindt zich telkens in uiterste strekking in zijn heupgewricht, verder zelfs dan dit gewricht toelaat, zoodat een noodzakelijk gevolg is het vooroverkantelen van het bekken in het andere heupgewricht (zie Beenbewegingen). En dit veroorzaakt weer een naar voor hellen van de wervelkolom. Ten deele is dit vooroverhellen nuttig en noodig zooals wij straks zullen zien. Maar het kan ook te ver gebeuren, zoodat het hoofd voorover geneigd zou komen. Om dit weer rechtop te brengen, buigt de lendenkolom zich weer in het hooger gelegen deel terug door werking van de lange rugspieren, maar telkens, en wel bij het naar voor slingeren, wordt het bekken en dus ook de wervelkolom weer teruggebracht. Op het oogenblik van den steun op beide voeten zijn de lendenspieren aan weerskanten sterk ingespannen om de kolom op te houden. Bij den steun op een voet zijn die spieren aan den kant van het standbeen saamgetrokken om de kolom op te houden en die aan den anderen kant om het bekken aan de kolom te fixeeren. Er is dus bij het gaan een voortdurend buigen en weer strekken der wervelkolom, zoodat deze zeer mobiel wordt. Maar bovendien een telkens weer aanspannen der lange rugspieren, wat bij lang gaan ook gevoeld wordt als vermoeienis in den rug.

Deze twee verschijnselen kunnen tegengegaan worden door de heup niet telkens geheel te strekken en dit

gebeurt wanneer de knieën gebogen gehouden worden, waardoor ontstaat die leelijke, slappe, veerkracht- en energielooze gang met gebogen knieën.

De heupas maakt bij het gaan eene voortdurende draaiing om een vertikale as heen en weer, en wil natuurlijk den romp medenemen, wat bij enkele menschen, vooral bij het langzame gaan met de handen vastgezet, zoo duidelijk te zien is. Dit rompdraaien heeft echter zijne bezwaren. Het is lastig en tijdroovend, want telkens moet die draaiing beëindigd en omgekeerd worden. Om nu dit tegen te gaan, wordt de schoudergordel in tegengestelde richting gedraaid: als het rechterbeen voor komt, gaat de linkerarm naar voor en omgekeerd. Het is duidelijk dat hierdoor een torsie in de wervelkolom optreedt, zoodat nu het hoofd recht vooruit kan gaan.

Hoe sneller men gaat, des te krachtiger zal ook die armslingering uitgevoerd worden. Deze armslingering heeft, zooals wij al zagen (zie Armbewegingen) niet in een zuiver sagittaal vlak plaats.

Bij het loopen levert die rompdraaiing ook moeilijkheden op. Zou deze echter door de slingerende armen opgeheven worden, dan zouden deze zeer snel moeten zwaaien om in de maat met de beenen te blijven. Ook dit is lastig, zelfs lastiger en zou veel spierwerking vereischen. Vandaar dat dit ontgaan wordt door de armen vast te zetten op de eene of andere manier en zooveel mogelijk den romp te draaien zonder hulp der armen.

§ 90. De strekkracht der beenen, de eigenlijke voortbewegende kracht, werkt op den romp aangrij-

pende in zijn onderste punt, terwijl het zwaartepunt van romp en armen hooger ligt, namelijk in den negenden borstwervel. Deze strekkracht, werkende volgens de richting van het strekkende been, gaat dus niet door het zwaartepunt. Hij zal (zie § 21 mech. inl.) eene draaiing geven en wel zoo, dat de romp achterover gaat, wat natuurlijk zeer onvoordeelig zou zijn. Om dit te ontgaan helt de romp voorover en wel des te meer naarmate de snelheid van gaan grooter wordt, zoodat aan de helling van den romp in eene teekening reeds te zien is met welke snelheid de persoon gaat. Behalve de individueele verschillen hierin, bestaat hierop eene uitzondering. Dat is namelijk het geval, dat er tegen wind in gegaan wordt. Voor een deel helt dan de romp voorover om een zoo klein mogelijk vlak aan den tegendruk te bieden. Voor een ander deel gebeurt het om zooveel mogelijk te profiteeren van de strekkracht der beenen. Om deze laatste reden worden dan ook groote passen gemaakt.

De romp gedraagt zich dus, bij den gewonen gang en ook bij den loop, als een stok in evenwicht op een vinger, welke nu horizontaal voortbewogen wordt. Temeer geldt deze vergelijking wanneer wij bedenken hoe labiel de romp op de beenen staat. Dat voortbewegen gaat niet, zonder dat de stok helt in de richting der voortbeweging. Er is als het ware een steeds voorover vallen, terwijl nu het ondersteuningspunt telkens even achter de zwaartelijn is. Evenmin als er nu een kracht noodig is om den stok op den vinger te houden, zoolang althans de helling in overeenstemming is met de snelheid van voortbeweging, evenmin is er eene kracht, dus in casu spierwerking,

noodig om den romp op de beenen te houden, dus alweer eene doelmatige inrichting.

Ook maakt de romp zijwaartsche neigingen en wel telkens naar het steunbeen toe. Is de romp in de as van voortbeweging dan staat hij rechtop.

§ 91. De snelheid van gaan hangt af van: 1e het aantal passen per tijdseenheid; 2e de lengte der passen. Wil men sneller gaan dan worden gewoonlijk beide factoren vergroot, zóódat gewoonlijk de regel op zal gaan, dat grootere passen ook korter van duur zijn. Wat de grootte der pas betreft deze is natuurlijk individueel zeer verschillend. Maar er is toch een grootste maat op te geven, welke om praktische redenen niet overschreden zal worden. Bedenken wij namelijk dat als het achterste been geheel gestrekt is, het voorste been vertikaal staan moet, dan volgt hieruit, dat de grootste paslengte is de helft der spanwijdte tusschen de beenen. Wordt de pas nog grooter, dan kan het voorste been niet vertikaal gezet worden en er zal een zeer krachtige strekking van het achterste been noodig zijn om het zwaartepunt op te werpen tijdens het oogenblik, dat het achterste been den grond verlaat en het voorste been nog niet vertikaal staat. Deze groote inspanning is onpraktisch, zal daarom en zeker bij het snelle gaan, vermeden worden.

Wat het aantal passen per minuut betreft, daarover geeft Hughes de volgende getallen: slentergang 60 per minuut, kuur- of wandelgang 80, zaken of brievenbestellersgang 100, snellegang 112, haastgang 140, stormpas 160 per minuut.

De proeven van Fischer geven voor het ongedwon-

gen gaan eene gemiddelde lengte van 80 cM. met een tijdsduur van $^1/_2$ secunde.

Bij het Nederlandsche leger is de paslengte 75 cM. en het aantal 120 per minuut. Bij het Nederlandsch-Indische leger is de paslengte slechts 65 cM. met het oog op de kleinere lichaamslengte der Inlanders. Het aantal passen per minuut bedraagt evenzoo 120.

De snelheid is in het Duitsche leger voorgeschreven op 1 kilometer in 10 minuten 58 secunde.

Zooals de getallen dus aangeven kan de tijd voor een pas besteed zeer wisselen. De langzame passen gebeuren, door het been niet op den grond te zetten, zoodra dit kan gebeuren, dus zoodra het voor den eersten keer vertikaal staat, maar het door te laten slingeren, min of meer ver en het eerst neer te zetten als het teruggeslingerd voor den tweeden keer vertikaal staat.

De snelheid der passen kan vergroot worden: eerstens door het been niet aan zich zelf overgelaten te doen slingeren, maar dit door spierwerking te doen verrichten, maar in de tweede plaats door het been te verkorten, want dan wordt zijn slingertijd korter.

Zoodat er eene eenvoudige maat voor de snelheid te vinden is en dat is de hoogte van het dijbeenshoofd boven den grond. Want dan kan:

1^0. de pas grooter worden. Want van den driehoek gevormd door de beide beenen en den grond, daalt nu de top en daardoor wordt de basis, dat is de paslengte, grooter:

2^0. de slingertijd wordt korter, vooral van belang zoolang er nog geen spierwerking bijkomt;

3^0. Het achterste been komt schuiner te staan, zoodat de horizontale component van de strekkracht, dat is

die, welke de voortschuiving geeft, grooter wordt, wat natuurlijk ook een voornaam punt is.

Dat de romp meer naar voor helt bij den snelleren gang is reeds vermeld.

§ 92. Het gaan op een hellend vlak, het stijgen of het dalen is eerst in 1904 grondig bestudeerd door Jendrassik.

Wij willen het niet uitvoerig behandelen, maar er slechts enkele opmerkingen over maken.

De passen worden kleiner, natuurlijk want bij elke pas moet het lichaam door het zich strekkende been opgeheven worden over eene hoogte, welke streng verband houdt met de paslengte. De knieën worden telkens sterker gebogen, om ook deze strekkracht te kunnen gebruiken bij het stijgen. De romp en het hoofd worden sterker voorover geneigd, om het zwaartepunt ver naar voor te kunnen brengen.

Het dalen is het spiegelbeeld van het stijgen, kost eveneens groote inspanning, om de daling niet te snel te doen plaats hebben.

Behalve deze bijzondere soorten van den gang zijn er nog verscheidene andere. De teenengang is ook nog niet vermeld. Maar wilden wij deze alle behandelen, of zelfs maar noemen, dan zou ons dat te ver buiten ons gebied brengen.

C. *Loopen.*

§ 93. Bij den gang wordt het voorste been op den grond gezet, terwijl het achterste been bezig is, zich van den grond af te wikkelen. Gesteld nu, dat de

voorste voet steeds later op den grond gezet wordt, dan is het denkbaar, dat de achterste voet den grond reeds verlaten heeft, voordat de voorste op den grond staat. Er is dan een principieel onderscheid gekomen tusschen beide manieren van voortbewegen en ongetwijfeld zal de laatste manier de meeste zijn, want hierbij geschieden de bewegingen zeer snel na elkaar. Het onderscheid is nu dat het stadium dat beide voeten op den grond staan vervallen is maar er is een stadium bijgekomen, gedurende welke geen der voeten op den grond staat, het lichaam zweeft. Dit stadium is opgebouwd uit een deel van den tijd bij den gang dat het lichaam op één, maar ook een deel van den tijd, dat het lichaam op twee beenen staat. Nu is het „*loopen*" ontstaan. Er is hier dus eene afwisseling tusschen een zweeftijd en een steuntijd maar slechts op één been. De zweeftijd is $^1/_8$, of bij den snelleren loop $^1/_4$ van den steuntijd.

Van de vele soorten van loopen willen wij er slechts twee vermelden namelijk de snelloop en de spronglooop. Bij de eerste is het er om te doen zoo snel mogelijk vooruit te komen, er worden zoo veel mogelijk passen per tijdseenheid gemaakt en deze zijn zoo groot mogelijk. Maar om dezelfde reden als wij bij het gaan opgaven, moet het voorste been vertikaal neergezet worden.

Bij den sprongloop is het meer te doen om verre en langdurende sprongen, terwijl de mate van inspanning niet zoozeer in aanmerking komt. Dit kan verkregen worden door het been, net als bij den langzamen pas, niet neer te zetten, wanneer het voor de eerste maal vertikaal komt, maar het eerst door en terug te laten slingeren en het pas neer te zetten

wanneer het voor de tweede maal vertikaal is gekomen. Maar daarvoor is noodig dat het lichaam langen tijd blijft zweven en dus, dat het hooger opgeworpen wordt. Het moeten dus ook hooge sprongen zijn.

Deze loop zal gebruikt worden bij ongelijken bodem, waarbij over kleine hindernissen geloopen moet worden, wat kunstmatig gedaan wordt bij den gymnastischen sprongloop.

In het vervolg zal alleen over den snelloop gesproken worden, als er niet anders vermeld is.

§ 94. Men zou er makkelijk toe komen den loop als volgt op te vatten: Doordat het achterste been zich krachtig strekt wordt het lichaam omhoog geworpen, stijgt, bereikt zijn hoogste punt om daarna weer door de zwaartekracht te dalen, zoodat het hoogste punt bereikt wordt op het midden van den zweeftijd. Dit is dan ook de opvatting die de gebroeders Weber er van geven. Maar eigenaardig is het dan toch dat die vertikale beweging van het lichaam zoo gering is, volgens hunne metingen 20 mM., dus nog minder dan zij vonden voor de vertikale beweging bij het gaan, terwijl Carlett met de methode van het luchttransport van Marey er slechts 10 mM. voor vond. Door deze getallen reeds schijnt de bovengenoemde opvatting onjuist.

Wordt het loopen onderzocht volgens die methode, dan komt er eene geheel andere opvatting voor den dag. Het blijkt dan, dat het lichaam begint te stijgen als de voet op den grond komt, dat het zijn hoogste punt bereikt op het midden van den ondersteuningstijd door dien voet en dat het zijn laagste stand heeft op

het oogenblik dat de voorste voet opgezet wordt, zoodat het daalt vanaf het midden van den ondersteuningstijd, en gedurende den zweeftijd tot het neerzetten van een voet, van waar af het begint te stijgen. Hieruit volgt dus, dat het lichaam niet opgeworpen wordt, maar begint te zweven zonder vertikale snelheid, en dus direkt gaat vallen, totdat het daarin verhinderd wordt door het voorste been, dat het ook weer omhoog brengt.

Dan is ook die zeer kleine vertikale beweging te begrijpen. Want nemen wij 180 passen per minuut, dan duurt elke pas slechts $^1/_3$ secunde en hiervan zweeft het $^1/_4$ dat is dus $^1/_{12}$ secunde en daarin kan slechts eene zeer kleine valbeweging gebeuren.

Het achterste been verkort zich, als het naar voor gaat slingeren, voornamelijk in de knie. Het enkelgewricht blijft gedurende den geheelen loop in plantair flexie, zoodat dus de loop uitsluitend op de teenen plaats heeft.

De lijn, door een punt van het lichaam beschreven, bestaat uit een golflijn opgebouwd uit naar boven convexe boogjes (welke geen cirkelboogjes zijn) met hunne voetpunten vlak aan elkaar.

Ook de zijdelingsche bewegingen zijn kleiner dan bij het gaan.

De recordgetallen voor het loopen zijn volgens Schmidt (Unser Körper 1903):

45,7	M.	in	5,5	secunde.
201	„	„	21,2	„
402	„	„	47,75	„
804	M.,	1 minuut,	53,4	secunde.
1609	„	4 „	12,75	„

3218	M,,	9	minuut,	11,5	secunde.
6436	„	19	„	25	„
12872	„	40	„	45,75	„
25744	„	88	„	14	„

Terwijl de afstanden telkens verdubbeld worden, gaan de tijden sneller omhoog.

§ 95. Ter herhaling, aanvulling en preciseering geven wij ten slotte de vergelijking tusschen gaan en loopen van Marey en Demery (Comptes rendues de l'Academie de science Paris T. CIII).

Vergelijking Gaan en Loopen.

a. *Periode van het contact met den grond, afwikkeling van het been.*

Gaan.	Loopen.
De voet raakt het eerst den grond met den hiel.	De voet raakt het eerst den grond : bij korte passen met de punt, bij langere met den geheelen zool, bij nog langere met den hiel. Dit laatste geldt voor den sprongloop.
Het been staat dan schuin naar voor, bijna gestrekt.	Het been staat loodrecht en gebogen.
De knie is, wanneer het been door den vertikaal gaat gestrekt, of bij snellen gang licht gebogen.	De knie is voortdurend gebogen en wel te meer naarmate de loop sneller is.

De hoek tusschen het been op het oogenblik van neerzetten en den loodlijn is voor een persoon steeds gelijk en steeds grooter dan bij den loop.	Die hoek is kleiner dan bij den gang en onafhankelijk van de snelheid.
Die hoek is op het oogenblik van het verlaten van den grond steeds kleiner dan bij den loop.	Die hoek is op het oogenblik van het verlaten van den grond steeds grooter.
De ontwikkelingshoek d. i. de hoek tusschen het been op het oogenblik van neerzetten en van oplichten, dus de som van beide vorige hoeken is ± 50^0 en neemt toe met de paslengte.	De hoek is zoowat dezelfde maar onafhankelijk van de paslengte en staat in verhouding tot den tijd van het zweven.

b. *Periode van het zweven van het been.*

De gemiddelde snelheid van den voet is meer dan 2 maal zoo groot dan de snelheid van het lichaam.	De gemiddelde snelheid is minder dan 2 maal zoo groot.
De pasduur, verminderd met den tijd gedurende welke beide voeten op den grond staan = slingertijd van het been.	Pasduur + zweeftijd = slingertijd van het been.

c. *Vertikale beweging van het hoofd.*

Het hoofd beschrijft, gedurende den tijd dat een	Het hoofd beschrijft naar boven een convexen boog,

voet op den grond staat een naar boven convexen boog, eerst stijging, dan daling.	eerst daling, dan stijging.
Er is tusschen twee van die bogen geen tusschentijd.	Tusschen 2 bogen is er een sprong, curve, die beantwoordt aan den tijd van zweven.
Het verlangzamen van het voortbewegen door het neerzetten van den voet, valt samen met het hoogste punt van dien convexen boog.	Diezelfde verlangzaming valt samen met het diepste punt.
De gemiddelde hoogte van de vertikale beweging is groot.	De gemiddelde hoogte van de vertikale beweging is klein.
Met de paslengte neemt ook de vertikale beweging toe.	Met toenemende paslengte neemt ze eerder af.
Het maximum van die beweging valt samen met het neerzetten van den voet.	Het maximum valt in den zweeftijd.
De loodlijn door het steunpunt ligt achter het maximum van de vertikale beweging.	De loodlijn door het steunpunt ligt achter het minimum des te meer hoe sneller de loop.

d. *Horizontale beweging.*

De zijwaartsche bewegingen nemen toe met de snelheid en de paslengte.	De zijwaartsche bewegingen nemen af tot verdwijnens toe.

e. *Paslengte en snelheid.*

De paslengte groeit met het aantal passen tot 15 (dubbel) passen per minuut en neemt daarboven weder af.

De snelheid neemt met het aantal passen toe tot 85 (dubbel) passen per minuut en neemt daarboven af.

De paslengte groeit voortdurend met het aantal passen.

De snelheid neemt met het aantal passen voortdurend toe tot een grenswaarde van ± 10 M. in de secunde.

f. *Loodrechte en tangentiale druk op den grond.*

De loodrechte druk heeft 2 maxima, het 1ste in het begin van den steuntijd, grooter dan het lichaamsgewicht, des te grooter hoe sneller de pas. Het tweede aan het einde van de steuntijd en wordt bij toenemend aantal passen kleiner.

De loodrechte druk vormt een enkele korte hooge curve, veel grooter dan het lichaamsgewicht, des te grooter hoe sneller de pas.

De tangentiale is op het oogenblik van neerzetten naar voor gericht, wordt nul als het been vertikaal staat, om dan naar achter gericht te worden.

g. *Arbeidsverrichting.*

Deze groeit voortdurend met de snelheid, vooral als het aantal passen boven 55—65 dubbelpassen per minuut gaat.

Deze is hier nog grooter, neemt echter — merkwaardigerwijs — bij snelleren loop af, bij allersnelste weder toe.

§ 96. Als aanhangsel willen wij even vermelden de manieren van voortbeweging van het paard. Maar ook niet meer dan vermelden, het trekken van conclusies laten wij aan den lezer over. Wij vermelden ze omdat in den laatsten tijd zoo veel gesproken wordt over deze voortbeweging en dikwijls zoo foutief.

Wij kennen dan in de eerste plaats den „stap". Bij deze hooren wij in elke periode 4 geluiden van het neerzetten der voeten. Uitgaande van den gewonen stand, krijgen wij achtereenvolgens de volgende bewegingen en standen:

1. Het rechter voorbeen wordt opgelicht. Er is steun op drie voeten,
2. Het linker achterbeen wordt eveneens opgelicht, steun op twee voeten en wel op de diagonaal links voor — rechts achter.
3. Rechter voorbeen wordt neergezet, steun op drie voeten.
4. Linker voorbeen wordt opgelicht, steun op de beide rechter beenen.
5. Linker achterbeen wordt neergezet in het afdruksel van den voorvoet steun op drie beenen.
6. Rechter achterbeen wordt opgelicht, steun op twee voeten en wel de diagonaal rechts voor—links achter.
7. Linker voorbeen wordt neergezet, steun op drie voeten.
8. Rechter voorbeen wordt opgelicht, steun op beide linker beenen.
9. Rechter achterbeen wordt neergezet steun op drie voeten, de houding zooals die bij 1 was.

Er is dus afwisselend steun op drie voeten, diagonaal, drie voeten, lateraal enz.

Bij den draf hooren wij twee geluiden. Opgelicht worden rechter voorbeen en linker achterbeen, dus steun op de andere dat is de linker diagonaal (genoemd naar den voorsten voet).

Ook deze wordt opgelicht: er is een zweeftijd. En dan wordt de rechter diagonaal neergezet natuurlijk zoover mogelijk vooruit, zoodat wij dan de volgende houding krijgen. De lijn die de voorste extremiteiten verbindt, loopt van rechts voor naar links achter, maar de lijn die de beide achterste extremiteiten verbindt loopt van links voor naar rechts achter. Daartusschen bevindt zich de wervelkolom die dus naar rechts convex moet zijn, welke houding natuurlijk voortdurend wisselt. Ten slotte kennen wij de galop waarbij wij drie geluiden hooren. De galop naar rechts of naar links alnaar het been, dat telkens vooruitgebracht wordt. Denken wij ons het lichaam even zwevende, dan worden achter elkaar neergezet, bij de galop naar rechts

1. rechter achterbeen, zoodat het lichaam steunt op een been;
2. daarbij de linker diagonaal, steun op drie beenen;
3. deze worden opgelicht en het rechter voorbeen wordt neergezet, steun op dit been;
4. ook dit wordt weer opgelicht en het rechter achterbeen wordt neergezet.

En eindelijk de sprong, waarbij eerst de beide voorvoeten en dan de beide achtervoeten den grond verlaten.

D. *Springen.*

§ 97. Onder springen verstaan wij:

Het lichaam wordt omhoog geworpen door zijn eigen spierkracht, verlaat den grond om na eenigen tijd weer neer te komen, terwijl er in dien tijd een bepaalden afstand in eene bepaalde richting wordt afgelegd.

Het loopen is, op dat opwerpen na, dus ook een soort sprong, althans de snelloop. Maar de sprongloop hoort zeer zeker hiertoe. Het eenige verschil is dat hierbij eene opeenvolging van sprongen gebeurt, terwijl wij het slechts over een sprong zullen hebben.

Het springen kan gebeuren zonder of met behulp van toestellen. Deze laatste worden verdeeld naar het gebruikte toestel. Springplank en — matras kunnen echter bij alle sprongen gebruikt worden,

De sprongen zonder toestellen verdeelen wij in de richting welke praedomineert, als ver — hoog enz. — springen.

Wij hebben dan bij een sprong te maken met: aanloop, afstoot, zweeftijd, neerkomen welke wij allen afzonderlijk zullen bespreken.

In de eerste plaats de afstoot. Wat is bij een sprong de kracht die het lichaam omhoog werpt? Deze wordt gegeven door den strekkracht der beenen. Maar om deze te kunnen laten werken is het noodzakelijk dat ze eerst gebogen worden. Elke *sprong* moet voorafgegaan worden door eene *beenbuiging.* Er wordt gebogen in alle gewrichten. Zoo mogelijk in het metatarsophalangeaalgewricht, in enkelgewricht, in knie en heup. Ja ook de Romp zal soms voorovergebogen worden in de wervelkolom óm straks ook diens

strekspieren te kunnen gebruiken. Noodig is de buiging in al deze gewrichten niet. Men kan ook een sprong krijgen terwijl toch de heup- of enkelgewrichten gestrekt blijven. Maar moeilijk zoo niet onmogelijk is het de kniegewrichten uit te schakelen, wat wel bewijst dat deze een groote rol spelen.

Na deze buiging volgt dan, eene plotselinge strekking. Deze hoeft er niet onmiddellijk op te volgen, de buiging kan reeds eenigen tijd bestaan hebben. Deze strekking moet zijn plotseling en krachtig, dus zal het liefst in alle mogelijke gewrichten volgen. Nu komt er eene kracht bij en wel de stevigheid van den bodem. Want nu strekken de beenen zich en daardoor zullen de eindpunten van elkaar geduwd worden. Het been wordt langer. Nu is het de vraag, naar welke zijde wordt het langer. En dan is natuurlijk de bedoeling de romp zoover mogelijk op te heffen. Er moet dus aan den anderen kant een stevigen weerstand zijn welke er b.v. niet is bij mul zand.

Toch mag de bodem wel indrukbaar zijn, mits hij dan tevens zeer veerkrachtig is dat wil zeggen, onmiddellijk zijne vroegere gedaante herneemt. Dit is een voordeel want nu treedt die veerkracht weer op als omhoogstuwende kracht. Daarover straks meer.

§ 98. Als dus de beenen bij het zich verlengen, naar beneden een zeer grooten weerstand ontmoeten, zullen zij zich alleen naar boven verlengen, dat wil zeggen de romp, en natuurlijk de beenen ook, wordt omhoog geduwd. Gebeurt dit nu langzaam, dan zal er eene strekking tot stand komen en meer niet. Maar gebeurt dit snel en krachtig, dan krijgt de romp eene

snelheid naar boven. En nu treedt de traagheid van den romp op, hij zal deze omhooggaande beweging een tijd voortzetten, nog na de geheele strekking, de voeten verlaten den grond, de sprong is begonnen.

Er is dus eene omhoogstuwende kracht noodig. Deze lieten wij geven door de spierkracht, maar ook wezen wij op de veerkracht van den bodem. Deze kan nu nog meer gebruikt worden en wel door ons van eene zekere hoogte te laten vallen op een veerkrachtigen grond. Zelfs al houden wij daarbij het lichaam geheel gestrekt, dan zal toch de veerkracht voldoende zijn om ons weer op te werpen. Is dit een sprong? Bij de bepaling van het springen in het begin van § 97 hebben wij als voorwaarde gesteld dat de beweging moest gebeuren door eigen spierkracht zoodat deze beweging er niet onder valt.

Deze omhoogstuwende kracht werkt nu in de richting der beenen op den romp en kunnen wij dus van richting doen veranderen door de helling der beenen te wijzigen.

Maakt de romp nu met deze lijn een hoek, dan is het gevolg dat die strekkracht niet gaat door het zwaartepunt, en dat er dus komt, (zie § 21 Mech. Inl.) eene draaiing van den romp. Deze kan gewenscht zijn bij snoek- en duiksprong, maar kan ook ongewenscht zijn. Om dan die draaiing van den romp te voorkomen moet het zwaartepunt gebracht worden in de lijn der opstuwende kracht.

En deze zelf veranderen wij naar de gewenschte richting waarin gesprongen wordt. Wil men dus eene zuivere hoogtesprong maken dan moet die kracht vertikaal werken, willen wij naar voor springen dan

moeten wij het lichaam en de beenen ook eerst voorover laten hellen. Wij mogen dan de kracht teekenen als verloopende in de richting: afstootpunt-zwaartepunt.

§ 99. Zoodra de beenen den grond verlaten hebben, begint de zweeftijd. Thans werken er op het lichaam twee krachten. Ten eerste de afstoot die aan het lichaam eene snelheid gegeven heeft in eene bepaalde richting. Ten tweede de zwaartekracht. Maar een uitwendige weerstand ontbreekt, de luchtweerstand uitsluitende. Dan kunnen ook de spieren geen beweging van het lichaam meer geven. Wel kunnen zij den vorm veranderen, maar op het zwaartepunt zullen zij bij gebrek aan een uitwendigen weerstand niet meer kunnen werken.

De afstoot werkt op het lichaam een kort oogenblik. Zoo'n kracht geeft eene gelijkmatige beweging (§ 27 Mech. Inl.) in de richting der kracht. Wij kunnen nu deze kracht of deze beweging ontbinden in twee componenten, de eene horizontaal, de andere vertikaal. Door de eerste krijgt het lichaam zijn voortgaande beweging, door de tweede eene vertikale stijging. In werkelijkheid gaat het lichaam volgens de diagonaal van het parallelogram op die twee bewegingen beschreven.

De zwaartekracht geeft echter eene geheel andere beweging. Deze werkt voortdurend en trekt het lichaam omlaag. Daardoor krijgt het lichaam eene gelijkmatig versnelde beweging naar beneden.

Nu is het lichaam aan deze beide bewegingen onderworpen.

De horizontale component van den afstoot geeft de voortbeweging. Dit is de eenige kracht in die richting.

De vertikale component doet het lichaam stijgen,

de zwaartekracht doet het dalen. Maar deze laatste is in het voordeel want deze werkt voortdurend en de andere kracht werkte maar even. Zoodat die vertikale component al kleiner en kleiner wordt, totdat hij = o is en nu heeft de zwaartekracht vrij spel en trekt het lichaam omlaag totdat het weer den grond bereikt en er dus weer een kracht bij komt. Maar dan is ook de sprong afgeloopen en de voortbeweging door de horizontale component is geëindigd.

Is het er dus om te doen een verren sprong te maken, dan is het niet alleen voldoende om die horizontale component grooter te maken, het is ook noodzakelijk de vertikale te vergrooten, want dan heeft de zwaartekracht langer werk met het neertrekken, de zweeftijd wordt langer en dus kan ook de horizontale component langer werken. Want deze verandert niet.

De baan door het lichaam, of beter door het zwaartepunt afgelegd is een kogelbaan een parabool.

§ 100. Het lichaam begint den zweeftijd met eene bepaalde houding, welke bij den vertesprong voorover-hellend is. Is de afstoot zuiver gemaakt dan zou het lichaam ook in deze houding neerkomen. Tijdens het zweven kunnen nu de beenen naar voor geheven worden. Dit heeft geen invloed, zooals reeds gezegd is, op het zwaartepunt. Maar daardoor komen de voeten verder naar voor en het lichaam gaat achteroverhellen. Maar dit is geen bezwaar want het zwaartepunt houdt nu toch zijn horizontale component en deze brengt het lichaam toch naar voor. Alleen wanneer de richting der beenen, dat is dus de richting waar langs de stoot van het neerkomen werkt, precies is die van de snel-

heid van het lichaam op het oogenblik van neerkomen, dan wordt de voortbeweging in al hare onderdeelen geremd en zou het lichaam gevaar loopen achterover te vallen. Dit wordt voorkomen door de armen voorwaarts te heffen, waardoor het zwaartepunt naar voor gebracht wordt en de diepe kniebuiging te maken.

Bij den hoogtesprong is de horizontale component natuurlijk klein, dus daar bestaat nog meer het gevaar van achterover vallen.

Maar ook kunnen de beenen achterwaarts geheven worden. Het resultaat is dan dat het lichaam meer horizontaal komt, zooals dat gebeurt bij den snoeksprong enz. Wordt hierop ook gerekend bij den afstoot, dan kan ook daardoor nog dat achterwaarts heffen der beenen bevorderd worden. En dit kan zoover gaan dat het lichaam eene geheele draaiing om zijn dwarsche as maakt, eene salto mortale.

Een vergrooting van den sprong kan nog verkregen worden, door op het oogenblik van afstooten de armen, liefst nog verzwaard met halters, naar voor te strekken, maar dit moet gebeuren terwijl de voeten nog op den grond staan.

En evenzoo door tijdens den sprong de halters achterwaarts weg te werpen. Deze zijn dan eenigszins te beschouwen als een vast voorwerp waaraan het lichaam zich afduwt.

Dat ook de afstootplaats van grooten invloed is, is begrijpelijk. De springplank vindt daarin zijn voordeel dat het zijn planken aan eene zijde opgelicht, dus zeer veerkrachtig. Zoodat met de veerkracht ook het voordeel van de stormplank grooter wordt, waarmede zeer groote sprongen gemaakt kunnen worden.

§ 101. Rest ons nog ter bespreking de aanloop. Door dezen krijgt het lichaam eene zekere snelheid, die het door de traagheid, ook na den afstoot nog zal bewaren. Maar deze snelheid is slechts eene horizontale, en zal dus van zeer weinig nut zijn bij den hoogtesprong. Wel bij den vertesprong, want nu kan het lichaam in denzelfden tijd een grootere baan afleggen. Het nut bij den hoogtesprong wordt verkregen door een oploopende springplank waardoor de snelheid eenigszins van richting veranderd wordt. Toch moeten wij dit niet te hoog aanslaan want de plank is slechts kort. Het groote nut van de springplank dankt deze aan zijne groote mate van elasticiteit.

De aanloop groot te maken, heeft geen nut. Want het maximum der loopsnelheid is spoedig bereikt, reeds na drie passen.

Door den aanloop is nu een been voor en kan de afstoot het makkelijkst gemaakt worden met een been, dat dus nu al het werk doet, terwijl het andere been krachtig naar voor geslingerd wordt tijdens den zweeftijd. Voor eene harmonische ontwikkeling is het dus gewenscht beurtelings met de beide beenen te doen afstooten.

Wordt toch de afstoot met twee beenen gemaakt, dan moet het lichaam even stilgehouden worden om het achterste been bij te trekken, wat dus een verlies aan snelheid ten gevolge heeft.

De dieptesprong heeft tot voordeel, dat er een verre sprong uit gemaakt kan worden, omdat het eenigen tijd duurt voordat het lichaam den grond bereikt. Maar verder is het slechts eene aankweeking van moed.

De spreidstand gebeurt door de bovenbeschreven

opsprong in vertikale richting waarbij nu de beenen gespreid worden.

§ 102. Dit was tot nu toe over vrije sprongen. Thans nog eenige opmerkingen over het springen met behulp van toestellen.

Eerst die toestellen welke los van het lichaam zijn, maar waarmede het lichaam nu tijdens den zweeftijd in aanraking komt. Wij bedoelen bok, paard en ook het lichaam van dengene, welke opvangt den springer die den snoeksprong maakt.

Deze toestellen kunnen op zeer vele manieren gebruikt worden. Zijn het slechts hindernissen zonder meer, dan blijft de sprong een vrije. Maar ook kunnen de armen tijdens den zweeftijd het toestel aanraken en dan is er natuurlijk eene geheele verandering van den sprong te verwachten. Worden de handen opgezet dan is dit dus een weerstand voor het lichaam. Het hangt nu van de richting der armen af, hoe die weerstand zal werken. Zijn deze namelijk horizontaal, dan is daardoor de horizontale snelheid uitgeput, de beweging is geremd. Hoogstens gaat het onderste deel van het lichaam door de traagheid nog wat vooruit. Maar worden, zooals gewoonlijk de armen bijna vertikaal opgezet, dan geven ze geen verhindering der voortbeweging, beletten slechts het vallen als het lichaam reeds in deze periode is. Zijn de armen gebogen, en worden ze nu krachtig gestrekt, dan zal ook hierdoor weer het lichaam iets stijgen. Vandaar dat bij deze toestellen hooge sprongen gemaakt kunnen worden.

Horizontaler komen de armen neer bij het bokverspringen. Het voordeel is nu dat het lichaam vrij

horizontaal kan aankomen; was er nu geen toestel of mensch dan zou de springer plat op den buik vallen. Nu vangen echter de armen het lichaam op. Om de schouders draait het lichaam omlaag, de beenen worden gespreid, en de armen zorgen voor de verdere voortbeweging door een afstoot aan het toestel welke echter, gezien de mindere kracht der armen, niet zoo groot zal zijn. De sprong achter het toestel zal dus in deze gevallen gering zijn, zoodat de matras dichtbij moet liggen en, bij het paard, de handen achterop gezet moeten worden.

Bok en paard maken geen verschil. Is het lichaam hoog als het bij het toestel aankomt, en worden de armen vertikaal gesteld, dan zal door dezen weerstand het lichaam ook den anderen kant op kunnen draaien, er komt een overslaan.

§ 103. Men zou eenig bezwaar kunnen maken het polsstokspringen tot het springen te rekenen, want nu verlaat het lichaam of liever een toevoegsel daarvan den grond niet. De polsstok wordt reeds neergezet, voordat de afstoot gemaakt wordt en nu is er maar eene mogelijkheid, dat namelijk om dit vaste steunpunt het lichaam een boog beschrijft met de lengte van den stok tot aan de handen als straal. De baan is dus eene geheel andere dan bij het vrije springen en de hoogte en wijdte van den sprong zijn geheel gegeven, althans zoolang het lichaam den stok vasthoudt en deze den grond niet verlaat.

Dit toestel kan nu den afstoot helpen want nu kunnen de armen nog het lichaam hooger opvoeren, door optrekken of door strekken.

Maar het laatste gedeelte van den sprong zou er door verminderd kunnen worden. Bestaat dit gevaar dan kan het tevens voorkomen worden door den stok daar los te laten waar de beperking zou beginnen. Dat is bijvoorbeeld op het hoogste punt van den hoogtesprong en tevens kan daardoor het lichaam door de strekkracht der armen nog hooger komen.

Het rek-lijn springen, een zeer schoone oefening, verloopt als volgt: De afstoot is van geen waarde. Het lichaam wordt opgetrokken, de beenen worden zoo hoog mogelijk geheven, als tot borstwaartsomtrekken en zoodra deze op de juiste hoogte gekomen zijn, wordt het lichaam, door de spieren aan de voorzijde van het lichaam en de strekspieren der armen welke voor den afstoot zorgen, naar voor-omhoog over de lijn geworpen.

Iets gemakkelijker zal deze oefening worden wanneer van te voren een zwaai gemaakt kan worden die nu helpt aan deze voorbovenwaartsche beweging. Nog sterker dan aan den rekstok kan dit natuurlijk gebeuren bij het ringen-lijn springen.

D. *Hoe het lichaam beschermd wordt tegen plotselinge schokken.*

§ 104. Een zeer voornaam hulpmiddel hierbij is het gebogen zijn in alle gewrichten. Wij willen dit nader beschouwen voor het enkelgewricht. Dit bevindt zich in plantairflexie. Komt nu de voorvoet op den grond, dan wil de hiel nog verder doorgaan door het daarop drukkende lichaamsgewicht. Daardoor wordt dus de triceps surae aangespannen. Deze bevindt zich in con-

tractie, maar bovendien werkt deze uitrekking ook als een prikkel op de spier, zoodat hij een grooten weerstand zet tegen die uitrekking. Toch zal wel niet zijn kracht voldoende zijn om den voet in plantairflexie te houden en zoo als het ware het lichaam tegen te houden. Wel zal dus het lichaam verder gaan, maar dit kan slechts gebeuren doordat eene groote hoeveelheid arbeidsvermogen van beweging van het lichaam verloren gaat om deze gecontraheerde spier te rekken.

Op eene dergelijke manier werken nu alle gewrichten. Zoo zijn bij de knie de strekkers aangespannen, enz.

De voet zelf geeft ook nog eene bescherming. Want wij komen neer in de houding van teenenstand en zooals wij gezien hebben, vormt daarbij de voet een boog, naar voor convex, van boven belast. Het zullen de banden aan den convexen kant zijn die gerekt worden, waarvoor evenzoo weer arbeidsvermogen noodig is. Maar ook als de hiel op den grond komt, vormt nog de voet een boog welke nu niet in zijn bovenste punt belast wordt maar midden op de welving. Het is ook deze veerkracht, die den elastischen gang geeft, welke bij den platvoet, waarbij het gewelf verloren is gegaan, ontbreekt. Maar nu zijn het de banden, aan de onderzijde, de concave zijde van het gewelf, die het in stand trachten te houden en daar het gewelf zoowel overlangs als dwars gebogen is, ook zoowel de overlangsche als de dwarsche bandmassa's. Al die banden zullen gerekt worden en het is juist het stevige bandweefsel dat zich tegen zoo'n rekking sterk verzet.

Is toch nog het arbeidsvermogen van het vallende lichaam zeer groot, dan zou het kunnen gebeuren dat

die banden scheuren of, als deze reeds slap zijn, zooals dat ook bij vermoeidheid het geval is, de voetwortel en middenvoetsbeentjes op den grond stooten en breken, zooals dat in het leger na lange marschen wel voorkomt.

§ 105. De knie is licht gebogen maar bezit bovendien nog de volgende veerinrichting.

Er is wel eens beweerd dat de menisci stootkussens zouden zijn. Maar de gewrichtsvlakten van boven- en onderbeen zijn met elkaar in aanraking en daaromheen liggen de menisci als ringen. Dus eerst als het gewrichtskraakbeen is ingedrukt, zullen de menisci gedrukt worden en eerst dan kunnen zij als veerkrachtige stootkussens dienst doen. Maar de beide lagen kraakbeen zijn slechts dun, dus weinig indrukbaar, zoodat de rol der menisci niet zoo groot is.

Het heupgewricht als gewricht levert weer bescherming door zijne spieren en zijn kraakbeen. Maar hier speelt de hoek van den femur tusschen zijn hals en lichaam een rol. Want deze wordt door den druk van den romp op den kop ingedrukt, gebogen, want ook been is buigbaar. Dat ook dit eene rol speelt is af te leiden uit het feit dat deze hals bij een val op de voeten breken kan, hoewel vaker breekt bij een val op den trochanter, dus op zijde.

Eene zeer belangrijke inrichting vinden wij in de verbinding van heiligbeen en bekken.

In de eerste plaats wordt het heiligbeen aan zijn bovenkant gedrukt door het bovenliggende deel. Daardoor zal het vooroverkantelen en het zijn weer banden en wel de zitbeensknobbel- en zitbeensdoornheiligbeensband die dit verhinderen willen.

In de tweede plaats is het heiligbeen door de breede heupheiligbeensbanden *opgehangen* aan het bekken en deze zware banden geven natuurlijk eene goede remming.

Het zijn vooral deze inrichtingen welke dienst doen bij het vallen op de zitbeensknobbels.

Dan komen wij aan de wervelkolom. De zwaartelijn, telkens verloopende aan den concaven kant der kromming, zal deze trachten te vergrooten en alweer geven banden, de voorste overlangsche band de remming. Maar niet minder belangrijk, zijn hier de elastische tusschenwervelschijven, die als het ware met geen ander doel dan het elastisch dragen van het hoofd daar aanwezig zijn.

§ 106. Hoe hooger men dus in het lichaam komt met zijn onderzoek, des te belangrijker worden de inrichtingen om de hersenen te beschutten tegen plotselinge schokken. De hersenen zelf zijn bovendien nog omgeven door vloeistof, het cerebrospinaalvocht wat natuurlijk ook een stootbreker is.

En ondanks al deze inrichtingen kunnen er toch ongelukken gebeuren. Het kan voorkomen dat van al deze inrichtingen geen gebruik kan worden gemaakt bij een val op het hoofd. Het kan zijn dat de val te hevig is, zoodat ze nog te kort schieten. Maar het kan ook zijn dat er een verkeerd gebruik van wordt gemaakt, door bijvoorbeeld *alle* spieren sterk te contraheeren en gecontraheerd te houden en daardoor op de hielen neer te komen.

Het gevolg kan van velerlei aard zijn: De inrichtingen zelf kunnen beschadigd worden. Banden, spieren kunnen scheuren, het kraakbeen kan ingedrukt wor-

den, beenderen kunnen breken. Ontwrichtingen van ledematen of wervels kunnen voorkomen.

En ten slotte de inwendige organen kunnen lijden, het hart kan afgescheurd worden enz.

F. *Trekken en Duwen.*

§ 107. Bij het trekken nemen wij den volgenden stand in.

Een been is voor, bijvoorbeeld het rechter, het staat gestrekt, terwijl het linkerbeen gebogen is. De armen zijn evenzeer gestrekt, en zoo ver mogelijk naar voor geplaatst. De romp is naar links gedraaid en, maar niet ten volle, achterover gebogen.

Een voorname factor is nu de bodem, want evenzeer als bij het springen, wordt het lichaam gestrekt met grooten kracht, maar daarvoor moet het een zeer stevigen weerstand hebben, zoo stevig dat de gewone wrijving van den bodem dikwijls te gering is, de voet zoekt naar uitstekende punten. Vandaar ook dat wij op een fiets niet trekken kunnen door de geringe wrijving. De weerstand van den bodem wordt zoo groot mogelijk gemaakt door den aard van het schoeisel, door de teenen zoo mogelijk in den bodem te drukken, door den voet te verbreeden door abductoren, maar de voet wordt weer saamgedrukt door spieren die bij het trekken helpen hoewel deze versmalling verder naar achter ligt.

Het is thans de bedoeling het bekken, maar voornamelijk den schoudergordel zoo ver mogelijk naar achter te brengen.

Wat het bekken betreft, dit kan op twee manieren

naar achteren gebracht worden, of door buiging in het kniegewricht of door plantairflexie van het onderbeen in het enkelgewricht. Beide manieren hebben hunne voordeelen.

In het eerste geval is de straal van den te beschrijven boog gelijk aan de lengte van het bovenbeen, in het laatste geval de lengte van het geheele been. Bij eenzelfden draaiingshoek zal dus in het laatste geval het bekken verder naar achter verplaatst worden. Maar het is de vraag of deze enkele centimeters in aanmerking komen bij eene zoo zware inspanning.

Wat de kracht der spieren betreft die in beide gevallen gebruikt worden, dan is de gemiddelde spierkracht der plantairflexie = 132 en die van de kniebuiging = 80 dus in het eerste geval ruim $1\,^1/_2 \times$ zoo groot en dat is natuurlijk een groot voordeel.

Geheel zuiver is dit niet, want de spierkracht is niet op alle oogenblikken der beweging even groot. Eene beschouwing der spierdiagrammen die hierop betrekking hebben, leert wel dat ook hierin de plantairflexie in het voordeel is.

Maar is deze uitgeput, en is nog niet het oogenblik gekomen om den voet te verplaatsen, dan kan ook de kniebuiging komen.

Een zeer voorname spier de gastrocnemius veroorzaakt echter beide bewegingen, zoodat ze ook naast elkaar kunnen voorkomen.

De trekkracht der tegenpartij of de weerstand werkt hier als de strekkracht van het been, en, is dit geheel gestrekt, als dorsaalflexiekracht in het enkelgewricht.

§ 108. Het achterste been kan zich passief gedragen.

Komt het echter in eene stelling waarbij zijn heupgewricht achter zijn steunpunt ligt, dan kan het evenzoo helpen maar nu hangt het van zijne rotatie af of de strek- dan wel de buigspieren zullen werken. Is het been naar buiten geroteerd, dan zal het gestrekt worden.

Vooral komt het in actie wanneer het voorste been verplaatst wordt. Want is dit tot het einde zijner strekkingsmogelijkheid gekomen, dan kan het daar op die plaats geen nut meer verrichten, het moet in eenen anderen stand geplaatst worden, waarin het weer kan werken. En tijdens dit verplaatsen is het bewaren van het behaalde voordeel opgedragen aan het andere been,

Verder moet het bekken achterovergekanteld worden, de romp eveneens achterovergebogen.

Voor het zoo dikwijls naar voor buigen van het hoofd, zie ik geene verklaring. De achteroverbuiging komt door synergie tot stand.

Beschouwen wij thans de armen. Deze moeten gebogen worden en daarvoor moet het schouderblad zeer stevig vastgezet zijn, door trapezius en rhomboideus. En voor de werking der pectorales major die den arm moet adduceeren moet de thorax vastgezet worden.

Over dit vastzetten van den thorax een enkel woord. Een beweeglijk deel is meest vastgezet in zijn twee eindstanden, want dan is er slechts spierwerking naar een kant noodig, wanneer althans die remming door banden of beenweerstand verkregen wordt, terwijl in elke middenstelling de vastzetting naar beide zijden door spieren gebeuren moet.

De twee uiterste standen van de borstkorf zijn: de diepe inspiratie- en exspiratiestand.

De spieren nu, voor welke de borstkorf vastgezet

moet worden, bewerken alle eene inspiratie want exspiratiespieren zijn slechts de buikspieren. Voor die spieren is dus de borstkorf vastgezet, als zij niet meer kunnen werken, dat is dus in de diepe inspiratiestand. Bovendien is het gemakkelijker den adem in te houden als de longen vol zijn, dan wanneer ze leeg zijn.

De drukking in de borstkorf is dan groot, de lucht kan niet ontwijken, het veneuse bloed zal niet binnen kunnen treden, en er treedt stuwing op, te zien aan het uitzetten der aderen, en de kleur wat alles nog vermeerderd wordt door de krachtige hartactie en het uitpersen van het bloed uit de spieren in actie. Een toestand dus waarin ademnood heerscht, maar die geheel niet identiek is met persing zooals Schmidt zegt in „Physiologie der Lichaamsoefeningen".

§ 109. Bij het duwen is natuurlijk een goed grondvlak eene eerste vereischte.

Hier moet de voorwaartsbeweging verkregen worden door het strekken der beenen. Telkens wordt een been gebogen voorgebracht nu krachtig gestrekt in de knie, dorsaalflexie in het enkelgewricht, en strekking van het heupgewricht zoodat nu ook de sterke bilspieren mede kunnen werken, althans wanneer de weerstand overwonnen wordt.

De armen strekken zich. Om nu eene gelijkmatige beweging te verkrijgen, worden wel de armen op het oogenblik dat een been naar voor wordt gebracht, een weinig gebogen, zonder natuurlijk den last weer terug te doen gaan.

Is de last zeer zwaar en belooft hij slechts weinig verplaatsing, dan wordt niet een been voorgezet maar

beide worden licht gebogen zoodat zij zich nu strekken kunnen.

De kracht der armen is niet zoo groot. Werden ze gebogen tegen den weerstand gezet, dan zouden ze door de strekkende beenen gebogen worden en zou het nog maar kracht vergen ze in een bepaalden buigstand te houden.

Daarom worden ze gestrekt. Nu valt ook wel hun strekkracht weg, en fungeeren ze gewoon als stijve stokken.

Bij al deze standen is het geen vereischte dat het zwaartepunt boven het ondersteuningsvlak ligt, want er komt nog eene uitwendige kracht bij.

HOOFDSTUK V.

Standen en Bewegingen aan Toestellen.

A. *Hangen.*

§ 110. Onder „Hangen” brengen wij alle houdingen aan toestellen waarbij het zwaartepunt ligt onder het ophangpunt, waarbij dus is een stabiel evenwicht. Zwaartepunt en ophangpunt moeten in een vertikale lijn liggen.

Wordt het lichaam uit dezen stand gebracht, dan zal het zwaartepunt stijgen, want in den ruststand heeft het zijn laagste punt. Dus wil het terug gaan naar dat laagste punt. Terwijl elke verplaatsing dus aan het lichaam arbeidsvermogen geeft en wel arbeidsvermogen van plaats.

Om een hang te vormen moet er ergens een soort haak aanwezig zijn in het lichaam, die nu geslagen wordt om het ophangpunt. Zoo'n haak is er in het lichaam niet, moet dus gevormd en vastgehouden worden. Hij kan gevormd worden overal daar, waar er eene hoekstelling in een gewricht ontstaan kan, maar moet daar overal vastgehouden worden door spierwerking welke dien hoekstand bewerkt. Die haak

moet minstens rechthoekig zijn en kan gegeven worden door de vingers, de hand, de pols, den elleboog, enz.

Zelfs wordt opgegeven (Spiesz) de hang aan den achterhoofdsknobbel, waarbij echter minder aan dien knobbel, dan wel aan de achtervlakte van het hoofd gehangen wordt, welke vlakte nu in haren stand gehouden wordt door de achteroverbuigers van het hoofd.

De rest van het lichaam kan zich nu op verschillende manieren gedragen.

De spieren kunnen, uitgezonderd die buigspieren, niet gecontraheerd zijn. Dan zakken de verschillende lichaamsdeelen zoover uit elkaar totdat er eene remming komt. Deze remming kan gebeuren door de gewrichtsbanden, die aangespannen worden als de gewrichtsvlakken van elkaar verwijderd worden. Maar tegen dit verwijderen verzet zich de luchtdruk, hoewel dit ook weer tegengesproken wordt (du Bois Reymond) en de adhaesie. Maar ook de spieren remmen. Want deze verkeeren in eene tonus, welke tonus voor een deel tot stand komt door de uitrekking, waaraan de spieren reeds onderhevig zijn in hunne gewone houdingen. Worden zij dus meer uitgerekt, dan zal ook die tonus grooter worden en deze is in staat het lichaam in al zijne deelen te dragen.

Het lichaam is nu zoo lang mogelijk en geheel in een vlak uitgestrekt.

§ 111. Er is, naast deze passieve, ook een actieve hang mogelijk, waarbij de spieren min of meer saamgetrokken zijn. Het hangt nu van den contractietoestand der spieren af, of de beenen loodrecht naar beneden zullen hangen òf dat ze door eene krachtige werking

der rug- en bilspieren naar achteren gestrekt worden. Deze deelen komen dan achter de zwaartelijn. Daardoor zullen andere deelen, en met name de romp, voor de zwaartelijn liggen. Evenzoo hangt de houding van het hoofd van meerdere of mindere contractie der nekspieren af. Een voornaam bestanddeel van den hang is de schoudergordel. De armen zijn bovenwaarts gestrekt, het schouderblad verkeert dus ook in een gedraaide houding. Het is met zijn benedenhoek naar buiten gedraaid om eene sagittale as. Alle spieren om het losse schoudergewricht zullen sterk gecontraheerd zijn om de verbinding zoo vast mogelijk te maken.

§ 112. Aan schouderblad en arm wordt nu de romp opgehangen, wat geheel door spieren moet geschieden. Hiervoor komen in aanmerking: serratus anticus, pectoralis minor, maar vooral latissimus dorsi en pectorales major. Door deze spieren wordt een lus gevormd die zich aan den arm vasthecht en het lichaam omvat aan voor- en achterkant. Het zijn de adductoren van de armen en ook in deze houding zijn het nog adductoren te noemen, want zij verloopen beneden de sagittale as waarom de adductie gebeurt en trachten dus den hoek tusschen arm en lichaam kleiner te maken.

Nu in den strekhang zullen zij dit echter niet kunnen doen, want de armen zijn vastgezet aan het toestel en kunnen niet naar beneden. Maar de romp is wel beweeglijk. En wanneer dan ook deze spieren zich krachtig contraheeren zal de hoek kleiner worden doordat het lichaam stijgt, waardoor de handen verder uit elkaar komen, wat dus alleen bij de ringen mogelijk is, en er ontstaat de Christusstand welke over

kan gaan tot den streksteun. Daar hierdoor het lichaam over eene aanzienlijke hoogte moet worden opgelicht, daar verder de armen zeer krachtig gestrekt gehouden moeten worden, is dit eene zeer zware oefening.

Wij hebben thans beide lussen aan weerszijden in hun geheel laten werken. Het is ook mogelijk slechts de voorste deelen der lussen of de achterste te doen samentrekken. En dan zal het lichaam eene draaiing ondergaan om de transversale schouderas, naar voor of naar achter, d. w. z. het omtrekken. Veel gemakkelijker is het natuurlijk daarbij het heupgewricht te buigen want nu wordt de lastarm veel kleiner, tot op de helft. Wordt het lichaam gestrekt gehouden, dan ontstaat de plank voor of achter.

§ 113. De pectoralis major speelde telkens eene belangrijke rol. Deze hecht zich aan den borstkorf, trekt deze op en geeft dus eene onmogelijkheid eene inademing te maken door het heffen der ribben, zoodat deze taak geheel aan het diaphragma is opgedragen.

Het eenvoudigst is de hang waarbij de handen op schouderbreedte geplaatst zijn. Zijn ze echter verder van elkaar af, of dichter bij elkaar, dan hebben wij niet alleen meer te maken met de zwaartekracht, die vertikaal werkt maar er komt nog eene kracht bij, zijn de handen verder van elkaar geplaatst, dan komt er eene component bij die ze naar elkaar toe tracht te brengen, wat tegen gegaan moet worden door een sterk vasthouden van den stok.

De buighang is op twee manieren te maken, met de handen vóór of naast de schouders, welk verschil tot stand komt door meerdere of mindere werking der

rhomboïdeï. Zijn de handen, dat is het steunpunt, voor de schouders, dan ligt dus een deel van het lichaam achter het ophangpunt en zal een ander deel, het onderste er voor komen om toch het zwaartepunt er loodrecht onder te houden. Het lichaam hangt dus van achter boven naar voor beneden.

De andere vormen van hang zijn alle eenvoudig en kunnen uit het bovenstaande gemakkelijk afgeleid worden.

B. *Steunen.*

§ 114. Als de eenvoudigste steunstand beschouwen wij eerst den steun aan de brug.

Wij kunnen hierbij het lichaam verdeelen in het dragende deel en het ondersteunende deel. Dit laatste, de romp, hangt aan de armen.

De armen zijn gestrekt. De handen omvatten de leggers met de vingers aan de eene zijde en den duim aan de andere, wat een vastere greep zal zijn als wanneer duim en vingers aan dezelfde zijde liggen, want dan toch is een afglijden denkbaar. Een krachtig buigen der vingers zal niet noodig zijn.

De handen bevinden zich in een maximum van dorsaalflexie, waardoor dus de weeke deelen aan de binnenvlakte der hand gerekt worden en zoo de toch reeds kleine verschuifbaarheid der handpalmhuid nog meer verkleint, wat natuurlijk de stevigheid der greep moet bevorderen.

Vrijwel vertikaal boven de handen komen de armen, in den steksteun natuurlijk gestrekt in de elleboogsgewrichten tot stijve staven.

Het schouderblad mogen wij niet meer tot het

steunende deel rekenen, want zijne verbinding met den arm is te weinig stevig dan dat het in staat zou zijn den romp te dragen. Die verbinding kan slechts tot stand komen voor dit geval, door de supraspinatus. En ook de verbinding van schouderblad en romp is veel te los, ja er bestaat slechts één spier die in staat is dit te doen, met name de serratus anticus. Maar deze zal natuurlijk geheel onvoldoende zijn, want daardoor zou de romp eene draaiing krijgen. De ruitvormige spier verricht geheel geen steunarbeid. Hoe zou deze spier, die van het schouderblad naar boven verloopt, iets kunnen doen? En ook de bewering als zou hij het zijn die door zijne contractie het verschil tot stand bracht tusschen slappe en gestrekte steun, is onjuist. Deze bewering is o. a. te vinden in Schmidt „Physiologie der Lichaamsoefeningen". Want deze spier zal, gesteld al dat het schouderblad voldoende vast was, den romp naar beneden trekken en juist dit geeft een slappen steun. En het schouderblad naar boven trekken, of althans, het draaiende om eene sagittale as, rechtzetten kan het niet doen want zijn ander aanhechtingspunt, de romp, is natuurlijk geheel los.

Waardoor dan wel het verschil tusschen slappe en krachtige steun veroorzaakt wordt, zullen wij direkt zien.

§ 115. Het schouderblad fungeert dus niet als steunend deel. De romp is nu, door dezelfde lus die wij ook reeds bij het hangen leerden kennen de pectoralis major en latissimus dorsi, opgehangen aan de vaststaande armen. Deze spieren loopen van den kleinen knobbel van het opperarmbeen in schuin benedenwaartsche richting en hechten zich aan ribben, lenden-

wervels en bekken. Het is door de meerdere contractie van deze spieren dat de goede streksteun gemaakt wordt, de romp zoover opgeheven dat de hals zich ruim boven de schouders verheft.

Hoe zich nu op deze vastgezette romp het hoofd en het bekken met de beenen zullen gedragen is natuurlijk weer de taak der betreffende spieren.

En nu heeft de supraspinatus niets anders te doen dan het schouderblad dat geheel los is, in eene goede houding te brengen.

De bovengenoemde spieren geven ook eene binnenwaartsdraaiing van den bovenarm maar deze draaiing kan niet tot uiting komen doordat de armen in hun benedengedeelte zijn vastgezet. Is dit niet zoozeer het geval, zooals b.v. bij den steun aan de ringen dan komt er ook wel degelijk eene binnenwaartsdraaiing door zoodat dan de handen met de knokkels naar voor komen te staan wat zoo noodig tegengegaan kan worden door de buitenwaartsdraaiers als infraspinatus, teres minor. Dat voor deze werking weer het schouderblad vastgezet moet zijn door de rhomboïdeus, is begrijpelijk. Ook de pronator teres is in deze houding een buitenwaartsdraaier maar kan slechts in werking komen als de hand vastgezet is, dus niet aan de ringen. Maar dan is ook, omdat de elleboog geene draaiing toelaat, zijne werking niet meer noodig.

Ook de noodige adductie der armen komt door de bovengenoemde lus tot stand.

§ 116. Hoe is het evenwicht bij den steun. Wij zouden dit voor de verschillende toestellen anders willen beantwoorden.

Bij de brug toch zijn de armen zoozeer vastgezet, dat zij als het ware niet meer tot het lichaam dat zoo beweeglijk is, behooren. Daar hebben wij alleen te maken met het lichaam zonder armen en dit hangt. Krijgt het lichaam dan een stoot, dan zal het meestal gaan slingeren terwijl de armen onbeweeglijk blijven, zoodat wij hier van een stabiel evenwicht zouden willen spreken.

Bij den steun aan de ringen echter zijn de armen niet zoo vastgezet en vormen zij met het lichaam een geheel. Maar het toestel waarop gesteund wordt is in stabiel evenwicht.

Bij den rekstok eindelijk is het lichaam, doordat het steunt tegen den stok vrij onbeweeglijk. Het zwaartepunt is slechts weinig van zijn plaats gegaan en de handen komen net op dezelfde hoogte. Zoodat wij hier bijna van een indifferent evenwicht kunnen spreken waarbij wij bedenken dat het zwaartepunt door het vooroverhellen van het bovenlichaam naar voor gebracht kan worden en dan juist ligt in den stok. En inderdaad zien wij dan ook dat deze steun in verschillende houdingen tot evenwicht voert, zoolang althans het lichaam den stok als steun gebruiken kan, er dus boven ligt.

De buigsteun ontstaat uit den streksteun door toegeven van strekspieren en adductoren, en eveneens is het hunne werking om den gebogen arm in eene bepaalde buighouding te houden. Adductie moet er komen doordat hand en schouder loodrecht boven elkaar blijven en eene hoekstelling in den elleboog komt en deze dus opgeheven moet worden door den hoek tusschen onderarm en toestel en bovenarm en lichaam.

C. *Zitten.*

§ 117. Wij willen het hier slechts hebben over den zit aan bepaalde toestellen, rekstok, brug, zweefrek. Daarbij dient dus telkens een smalle stok als ondersteuning. Het is vrij onverschillig, althans tusschen grenzen, waar de stok steunen zal, mits maar aan deze voorwaarde voldaan wordt, dat het zwaartepunt er loodrecht boven gebracht kan worden. En dit kan tot zekere grenzen b.v. het midden van het bovenbeen met sterk voorovergebogen lichaam als voorste grens, de beide zitbeensknobbels als achterste grens, waarbij nu het lichaam vrijwel gestrekt is.

Vinden de beenen geen verder steunpunt, zooals dat wel het geval kan zijn bij den zit op de brug, dan is het evenwicht hier zeer onvast en vereischt het eene voortdurende oplettendheid om de houding te bewaren. Nog onzekerder is natuurlijk de houding wanneer ook nog het steunvlak onvast is, zooals bij het zweefrek. Het bewaren van het evenwicht komt tot stand, deels door de armen, deels door de beenen. Maar deze laatste zijn veel minder geschikt daartoe dan de zoozeer beweeglijke armen met hunne fijnere zenuwtoestellen. Bovendien zij liggen dichter bij het steunvlak, dus zullen zij grootere bewegingen moeten maken, iets wat natuurlijk ook ongewenscht is.

D. *Zwaaien.*

§ 118. In steun aan de brug. Als draaipunt voor het zwaaiende lichaam dient hierbij het schoudergewricht. Ook de armen maken wel eene beweging maar deze

is meer een gevolg als wel een oorzaak van het zwaaien.

Het begin van den zwaai kan naar voor of achter gemaakt worden. Bij den zwaai naar voor zijn het de achterwaartsheffers van den arm, bij den zwaai naar achter de voorwaartsheffers die de beweging bewerken. In beide gevallen is het voor die spieren een zware taak, welke echter aanmerkelijk verlicht kan worden door de beenen mede te laten werken. Deze kunnen gemakkelijk voorwaarts geheven worden en dan vanzelf slingeren zij weer terug en nemen nu het lichaam mede. Aan het zwaaien naar voor is een grens gesteld, dat is nl. de beperkte achterwaartsheffing van den arm. Om een schijn van een hoogeren zwaai te geven worden nu de beenen nog hooger geheven en de armen gaan schuin staan, hellend naar boven achter. Dit laatste verlicht den zwaai, want nu heeft het zwaartepunt eene grootere speelruimte boven het ondersteuningsvlak.

De zwaai naar achter is onbeperkt en kan gaan totdat het lichaam weer vertikaal staat: de handstand.

Telkens bereikt, bij een eenigszins hoogen zwaai het lichaam zijn voorste grens en wordt hier met een schok tegengehouden. Hiervan kan partij getrokken worden om de oefening: uit buigsteun komen tot streksteun makkelijker te maken. Want zwaaien wij in buigsteun en strekken wij nu de armen tijdens den voorzwaai dan zal door de traagheid tevens het zwaartepunt naar boven gebracht worden en het strekken wordt daardoor geholpen. Maar nog bij vele andere oefeningen kan van deze traagheid gebruik gemaakt worden, zooals bij het omtrekken enz.

De bewegingen van den arm blijven gering als de

handen een vast steunpunt hebben. Is dit niet het geval, zooals aan de ringen, dan zullen deze bewegingen te groot worden en de zwaai onmogelijk. De ringen wijken naar achter uit bij den voorzwaai van het lichaam en omgekeerd, welke neiging dus ook zal bestaan bij de barren, maar hier niet tot uiting kan komen. Maar ook voor het tot stand komen van het zwaaien is het noodig dat er een vasten weerstand is en ook deze ontbreekt bij de ringen. Het is niet mogelijk een zwaaien van het lichaam te krijgen in de schoudergewrichten in streksteun aan de ringen.

Dit zwaaien is een van het geheele lichaam *met* het toestel. Het draaipunt ligt dus in het ophangpunt van het toestel.

§ 119. Zwaaien in hang.

Het is mogelijk van uit den gestrekten hang in rust te komen tot zwaai dus tot eene verplaatsing van het zwaartepunt ten opzichte der omgeving. Hiervoor zijn uitwendige krachten noodig. Bij schommel, zweefrek en ringen zijn als uitwendige krachten alleen aanwezig, de zwaartekracht, de weerstand der lucht en de wrijving in het ophangpunt. De weerstand der lucht is weer eene kracht, die alleen optreedt bij beweging en daar altijd aan tegengesteld is, wisselende met de snelheid. Gaan wij dus uit van den ruststand dan is deze weerstand nihil en bij de geringe snelheden in het begin ook te klein een rol te spelen. Wij zijn dus aangewezen op de beide andere krachten.

De manieren nu om vanuit den hang te komen tot zwaai zijn velerlei. Het is reeds mogelijk door te zitten op een schommel en nu, rythmisch, de onderbeenen

te strekken en te buigen. Het principe waar al deze manieren op berusten is het volgende: Door een samentrekking van enkele spieren, worden de beenen opgeheven en naar voor uitgeworpen. Was het lichaam geheel vrij dan zou het totaalzwaartepunt daardoor geenerlei verplaatsing ondergaan. Maar het ontmoet een weerstand in den vorm van het toestel. Het bovenlichaam wil naar achter gaan, kan dit niet door den weerstand en het gaat dus met de beenen naar voor. Is deze beweging uitgeput, dan trekt de zwaartekracht het weer naar zijn evenwichtsstand terug, maar het stijgt nu door zijne snelheid aan den anderen kant nog omhoog. Wordt nu bij den voorzwaai weer dezelfde beweging herhaalt dan krijgt daardoor het zwaartepunt weer een stoot en kan zoo hoe langer hoe hooger stijgen.

Op dit beginsel berusten alle werkingen om vanuit den ruststand tot den zwaai te komen en dus ook die welke gebruikt wordt als wij op een schommel staan. Dan strekken wij de armen, terwijl de handen op schouderhoogte zijn. Daardoor duwen wij het lichaam naar achter, den schommel naar voor. Maar deze is niet geheel beweeglijk, verzet zich er tegen, het resultaat is dat het zwaartepunt van het lichaam iets naar achter wordt verplaatst wat direkt beantwoord wordt door eene slingering, een begin is gegeven en daaruit kan zich nu de rest ontwikkelen.

§ 120. Zoowel bij den zwaai aan den schommel als bij die aan den rekstok is er een oogenblik telkens in den uitersten stand voor en achter waarop de snelheid = 0 is, want daar wordt de richting omgedraaid. Maar ook is dan tevens de middelpuntvliedende kracht

= 0, want deze staat in nauw verband met de snelheid (zie § 36 Mech. Inl.). Daar heeft dus het lichaam geen neiging om van den stok af te gaan. Alleen de zwaartekracht werkt. Maar daar de armen niet vertikaal staan hebben de handen op deze punten weinig te dragen, waarvan gebruik gemaakt wordt om de handen, zoo noodig te verpakken en deze zelfs eene verdere beweging uit kunnen voeren (slaan op de knieën, enz.) waarbij zij het rek geheel loslaten. Ook is hier het oogenblik van afspringen, want de turner kan nu geheel berekenen waar en hoe hij neerkomt, de hinderlijke middelpuntvliedende kracht werkt niet meer.

Die middelpuntvliedende kracht is ook de oorzaak waarom wij bij het beschrijven van een boog bij schaatsenrijden, loopen, enz. het lichaam naar binnen laten hellen. Want de centrifugale kracht tracht het lichaam naar buiten te slingeren. Laten wij het lichaam naar binnen hellen dan maakt deze kracht evenwicht met de zwaartekracht. Het is bekend hoe die helling geheel afhankelijk is van de snelheid. Om dan toch een behoorlijk contact met den grond te behouden, is daarom de wielerbaan in zijn korte bochten geheel opgehoogd en eveneens is dit al het geval bij spoor- en trambanen.

Maar ook is het de middelpuntvliedende kracht die ons doet stijgen bij den rondloop, den zweefmolen, want deze tracht ons steeds verder van het middelpunt te voeren, wat gebeurt wanneer wij stijgen. Dan toch wordt de kring die wij beschrijven steeds grooter. Maar ook daarvoor is het noodig dat onze snelheid grooter wordt, want daarvan hangt de middelpuntvliedende kracht af. Wij stijgen tot er weer evenwicht

is tusschen de middelpuntvliedende kracht en de zwaartekracht die ons weer naar de aarde tracht te trekken.

§ 121. Willen wij het lichaam bij den zwaai beschouwen als een slinger dan stuiten wij, bij eene consequente doorvoering op vele moeilijkheden. Het lichaam toch is in zijne onderdeelen beweeglijk, wat al dadelijk de slingerwetten in de war stuurt. En ook de wrijving is zeer groot. Sterk wordt dit ondervonden bij groote zwaaien als het omzwaaien in welken vorm dan ook. Er moeten dan ook hulpmiddelen te baat genomen worden om toch geheel om te kunnen komen. Een daarvan is het volgende.

Bij het eerste deel van den zwaai, naar beneden toe, wordt het zwaartepunt zoover mogelijk van den stok gevoerd. De armen worden geheel gestrekt bij kniedraai, buikdraai enz. Het lichaam valt dus als het ware van een groote hoogte en komt met groote snelheid op zijn onderste punt aan. Maar nu is het niet meer in staat dezelfde hoogte te bereiken. Nu worden de armen gebogen, het lichaam in elkaar getrokken om nu het zwaartepunt dichter bij den stok te halen want dan behoeft het veel minder hoog te komen en dit lukt natuurlijk gemakkelijker. Wij behoeven dit niet voor elken zwaai afzonderlijk te bespreken. Het is duidelijk genoeg.

Zal de zwaai voortgezet worden, dan moet telkens het zwaartepunt weer omhoog geheven worden wat wij als een ruk zien gebeuren. Nog sterker zal dit gebeuren bij het opzwaaien omdat daar een kleinere zwaai voorhanden is.

Op hetzelfde beginsel berust ook het vergrooten van

den zwaai door het komen tot buighang en evenzoo het verminderen door het strekken. Gebeurt dit echter op een oogenblik dat de zwaai versterkt kan worden door steun op het toestel, zooals dat kan op het hoogste punt van den achterzwaai, dan heeft dit geen vermindering ten gevolge.

§ 122. Dit waren alle draaien om eene transversale as, welke nu altijd door den rekstok gaat. Een enkele maal, zooals bij den ruiterzwaai is de as sagittaal gekomen.

Bij het turnen wordt echter ook gebruik gemaakt van draaien om de lengteas of om een sagittale as. De eerste komen voor bij het springen met neerkomen in de eene of andere richting, verder bij het uitspringen aan de brug, keeren, wenden, enz., bij het zwaaien aan de ringen. De draaiingen om eene sagittale as komen minder vaak voor, het meest aan de brug, eveneens bij het uitspringen.

Wij willen al deze bewegingen niet afzonderlijk beschrijven want zij berusten alle op hetzelfde grondbeginsel. Er is in al die gevallen eene draaiing. Gebeurt de beweging terwijl het lichaam nog in verbinding is met een toestel, dan hangt het van verschillende momenten af waar de as ligt. Meestal zal deze dan gaan door het toestel. Geschiedt echter de draaiing terwijl het lichaam geheel los van het toestel is, dus b.v. bij eene draaiing om de lengteas tijdens een sprong, dan gaat de as van deze beweging altijd door het zwaartepunt.

Wat is nu echter de kracht welke de draaiing geeft? Zooals wij weten is daar altijd een koppel voor noodig. Meestal ontstaat dit koppel door een excentrischen

stoot (§ 21 Mech. Inl.) een kracht welke op het lichaam werkt, maar niet door het zwaartepunt gaat. Die kracht kan alleen maar werken terwijl het lichaam nog in aanraking is met het toestel of den grond. Een draaiing tijdens een sprong moet dus al begonnen worden tijdens den afsprong, dan moet er reeds op gerekend worden, doordat de eene voet sterker afstoot dan de ander. Daar de beide beenen gewoonlijk verschillend sterk ontwikkeld zijn, het linker is, in tegenstelling met de armen, gewoonlijk het sterkste zal de draaiing in de eene richting makkelijker zijn, dan in de andere.

De afstoot, of welke andere kracht dan ook, treedt op als de eene kracht van het koppel en deze wekt op eene andere in verband met de traagheid van het lichaam. Deze is dus altijd gelijk, evenwijdig en tegengesteld gericht en daardoor ontstaat het koppel.

BOEKENLIJST.

(CHRONOLOGISCH GERANGSCHIKT.)

J. I. A. BORELLI, De motu animalum Lugd. Bat. 1710.

GEBR. WEBER, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen 1836.

G. H. VON MEYER, Die Mechanik des Kniegelenks. Müller's Archiv. 1853.

A. C. NEUMANN, Das Muskelleben des Menschen. Berlin 1855.

D. E. HARLESS, Lehrbuch der Plastischen Anatomie. dritte Abtheilung, Stuttgart 1856.

VIERORDT, Grundriss d. Physiologie des Menschen, Tübingen 1862.

G. H. VON MEYER, Die Wechselnde Lage des Schwerpunktes im menschlichen Körper, Leipzig 1863.

DUCHENNE, Physiologie des mouvements, Paris 1867.

E. J. MAREY, Du mouvement dans les Fonctions de la Vie, Paris 1868.

F. ZAAYER, De architectuur der Beenderen, Ned. Tijd. v. Gen. 1871.

CARLET, Etude de la Marche. Annales des sciences naturelles 1872.

DUCHENNE, De l'électrisation localisée, Paris 1872.

G. H. VON MEYER, Lehrbuch der Anatomie, Leipzig 1873.

G. H. VON MEYER, Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes, Leipzig 1873.

E. J. MAREY, La Machine Animale. Locomotion terrestre et aérienne, Paris 1873.

A. FICK, Specielle Bewegungslehre, Handbuch der Physiologie, Leipzig 1879.

H. STRASSER, Ueber die Grundbedingungen der activen Locomotion, Halle 1880.

F. BEELY, Zur Mechanik des Stehens, Langenbeck's Archiv, 1882.

STIEDA, Ueber die Homologie von Brust und Beckenglieder. Anat. Heft Bd. 8 1883.

G. H. VON MEYER, Statik und Mechanik des menschlichen Fusses, Jena 1886.

G. KOHLRAUSCH, Physik des Turnens, Hof 1887.

A. BLUMENFELD, Die Lendenkrümmung der Wirbelsäule bei verschiedenen Menschenrassen, Inaug. Diss. Berlin, 1892.

J. R. EWALD, Die Hebelwirkung des Fusses, wenn man sich auf die Zehen erhebt. Pflügers Arch. 1894, Bd. 59 S. 251.

O. FISCHER, Beiträge zur Muskelstatik. Abh. Kön. Sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften 1896.

O. FISCHER, Grundlage und Ziele der Muskelmechanik. Arch. f. Anat. 1896.

M. GUÉRIN-CATELAIN, Le Mécanisme des allures du cheval, Paris 1896.

L. HERMANN, Die Ablösung der Ferse vom Boden, Pflügers Archiv. 1896 S. 604.

A. D. WALLER, An Introduction to Human Physiology, London 1896.

J. E. ZUCKERKANDL und S. ERBEN, Untersuchungen über die Physiologie der willkürlichen Bewegungen am Lebenden. Verh. des Physiol. Clubs zu Wien. Centrabl. für Physiologie, Bd. XI 1897.

J. E. ZUCKERKANDL und S. ERBEN, Zur Physiologie der willkürlichen Bewegungen. Wiener Klin. Wochenschrift 1898 No. I—II.

DIESELBEN, Zur Physiologie der Rumpfbewegungen Wiener Klin. Wochenschrift 1898 No. 43.

O. FISCHER, Der Gang des Menschen. Abh. Kön. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1898 e. v..

S. MOLLIER, Ueber die Statik und Mechanik des menschlichen Schultergürtels, Jena 1899.

R. DU BOIS-REYMOND, Ueber die Fixation des Kniegelenks beim stehen, Verh. der Physiol. Geselsch. zu Berlin, Jarg. 1899/1900 XV S. 91.

G. MUSKAT, Beitrage zur Lehre vom menschlichen Stehen. Archif Physiologie 1900.

J. WIMMER, Die Mechanik im Menschen und Tierkörper, Wien 1901.

D. M. HERZ, Lehrbuch der Heilgymnastik, Berlin Wien 1903.

R. DU BOIS REYMOND, Specielle Muskelphysiologie oder Bewegungslehre, Berlin 1903. Met uitgebreid litteratuurlijst.

H. HUGHES, Lehrbuch der Atmungsgymnastik. 1903

L. HERMANN, Lehrbuch der Physiologie 13de Aufl., Berlin 1905.

CH. DUJARIER, Anatomie des Membres, Paris 1905.

J. WIMMER, Mechanik der Entwicklung der tierischen Lebewesen, Leipzig 1905.

W. SPALTEHOLZ, Handatlas der Anatomie des Menschen, Leipzig 1909.

K. V. BARDELEBEN, Statik und Mechanik des menschlichen Körpers, Leipzig 1909.

